



EDUCACIÓN |
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®
Campus Nogales



ALGORITMOS DE PREDICCIÓN PARA TEMPERATURA, HUMEDAD, UV Y RADIACIÓN SOLAR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

PRESENTA
JULIO ENRIQUE ARREOLA VALLE

DIRECTOR
M.C. SIGIFREDO GARCÍA ALVA

H. NOGALES, SONORA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2022.

**ALGORITMOS DE PREDICCIÓN PARA TEMPERATURA,
HUMEDAD, UV Y RADIACIÓN SOLAR**



Instituto Tecnológico de Nogales
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Nogales, Sonora, 14/noviembre/2022
Oficio No. DEPI/274/2022.

REYNALDO GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE.


Por este medio le comunicamos a Usted que el trabajo de Tesis denominado: **"ALGORITMOS DE PREDICCIÓN PARA TEMPERATURA, HUMEDAD, UV Y RADIACIÓN SOLAR"**, que presentó el alumno **JULIO ENRIQUE ARREOLA VALLE**, con número de control 02341006, candidato a obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS COMPUTACIONALES**, ha sido revisado por los miembros del Comité Tutorial y cubiertas las observaciones realizadas, se Autoriza su Impresión y se Acepta para su Evaluación en la presentación del Examen de Grado.

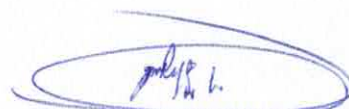
Agradeciendo de antemano el apoyo brindado al presente, le reitero mi consideración distinguida.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
"La Ciencia y la Tecnología para la Liberación del Hombre"


SIGIFREDO GARCÍA ALVA
DIRECTOR


GUILLERMINA MUÑOZ ZAMORA
REVISOR


JESÚS RAÚL CRUZ RENTERÍA
REVISOR


ZINDI SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
REVISOR

*Aceptar
14/11/2022
11:00 hrs*



SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NOGALES
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE,
POSGRADO E INVESTIGACIÓN





Instituto Tecnológico de Nogales
División de Estudios de Posgrado e Investigación

H. Nogales Sonora, 14/noviembre/2022.
Oficio No. DEPI/275/2022.

JULIO ENRIQUE ARREOLA VALLE
CANDIDATO A OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS COMPUTACIONALES
PRESENTE.

De acuerdo con el Reglamento de Titulación del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el Comité Tutorial realizó, con respecto a su Tesis titulada: **"ALGORITMOS DE PREDICCIÓN PARA TEMPERATURA, HUMEDAD, UV Y RADIACIÓN SOLAR"**, la División de Estudios de Posgrado e Investigación Autoriza su Impresión.

Agradeciendo de antemano el apoyo brindado al presente, le reitero mi consideración distinguida.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica.
"La Ciencia y la Tecnología para la Liberación del Hombre".*

REYNALDO GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NOGALES
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE,
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ccp. Archivo



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por haberme concedido llegar a donde he llegado, también agradezco a todas aquellas personas que con su ayuda permitieron la realización del presente proyecto y en especial al M.C. Sigifredo García Alva, director del proyecto de grado, por el apoyo, la orientación y el seguimiento durante el transcurso de esta tesis.

También quiero agradecer a todos los compañeros de la Universidad Estatal de Sonora campus Magdalena por el gran apoyo recibido en la adquisición de la estación meteorológica.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis padres Carmen Alicia Valle Retes y Samuel Arreola de la Paz (†), pues son ellos quienes me han llevado hasta aquí dándome la oportunidad de vivir y apoyándome desde mis inicios como estudiante, a mis hijas Hazell Alicia y Alejandra Arreola Ochoa, a mi nieta Mía Sofía, quienes fueron mi principal motivación y a mi esposa Elba Alicia Ochoa Romo porque estuvo a mi lado en los momentos y situaciones más difíciles siempre apoyándome.

RESUMEN

En base a los datos acumulados en la estación de monitoreo ubicada en el campus del Instituto Tecnológico de Nogales nace la inquietud de analizarlos y a la vez instalar una nueva estación en la Universidad Estatal de Sonora campus Magdalena con el propósito de recopilar y almacenar datos para posteriormente analizarlos y encontrar patrones o tendencias que permitan generar algoritmos de predicción de algunos parámetros por lo que se encontraron patrones para los casos de la energía solar y radiación ultravioleta, para la temperatura y humedad el día anterior es lo más acertado.

Los parámetros en los que se centra el presente trabajo son: índice ultravioleta, radiación solar, temperatura y humedad en ambas estaciones, los cuales se analizaron en el caso de Nogales, desde el 2016, al igual que la estación ubicada en Magdalena.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron estadística de datos, tendencias lineales utilizando mínimos cuadrados, tendencias cuadráticas y conocimientos de física.

Para el caso de los índices UV y energía solar se utilizó una fórmula en función del día del año y la hora de cada día, para el caso de la temperatura y la humedad se pone en función de los registros de los días anteriores.

ABSTRACT

Based on the data accumulated in the monitoring station located on the campus of the Instituto Tecnológico de Nogales, the concern arises to analyze them and at the same time install a new station at the Universidad Estatal de Sonora campus Magdalena with the purpose of collecting and storing data for later, analyze them and find patterns or trends that allow the generation of prediction algorithms for some parameters, so patterns were found for the cases of solar energy and ultraviolet radiation, for temperature and humidity the day before is the most successful.

The parameters on which this work focuses are: ultraviolet index, solar radiation, temperature and humidity in both stations, which were analyzed in the case of Nogales, since 2016, as well as the station located in Magdalena.

For the development of this work, data statistics, linear trends using least squares, quadratic trends and knowledge of physics were used.

In the case of the UV and solar energy indices, a formula was used based on the day of the year and the time of each day; in the case of temperature and humidity, it was based on the records of the previous days.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes del problema | 1 |
| 1.2 Estado del arte | 2 |
| 1.2.1 Modelos | 3 |
| 1.2.2 Modelos satelitales | 4 |
| 1.2.3 Estudios similares..... | 6 |
| 1.3 Planteamiento del problema | 7 |
| 1.4 Objetivos | 8 |
| 1.4.1 General..... | 8 |
| 1.4.2 Específicos | 8 |
| 1.5 Justificación | 8 |
| 1.6 Hipótesis | 9 |
| 1.7 Delimitaciones..... | 9 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1 Radiación Solar..... | 10 |
| 2.1.1 Unidades de medida..... | 11 |
| 2.1.2 Instrumentación | 12 |
| 2.2 Índice de radiación UV | 12 |
| 2.2.1 Instrumentación | 13 |
| 2.3 Temperatura ambiental | 14 |
| 2.3.1 Escalas..... | 14 |
| 2.3.2 Instrumentación | 15 |
| 2.4 Humedad ambiental | 16 |
| 2.4.1 Escalas..... | 17 |
| 2.4.2 Instrumentación | 17 |
| CAPÍTULO III ANÁLISIS..... | 19 |
| 3.1 Recopilación de datos..... | 19 |
| 3.2 Análisis del comportamiento de los datos | 22 |
| 3.2.1 Radiación ultravioleta (IUV) | 26 |
| 3.2.2 Radiación solar..... | 33 |
| 3.2.3 Temperatura ambiental | 41 |
| 3.2.4 Humedad ambiental | 50 |
| CAPÍTULO IV DISEÑO..... | 60 |
| 4.1 Diseño del algoritmo UV estación Nogales..... | 60 |
| 4.2 Diseño del algoritmo UV estación Magdalena. | 64 |
| 4.3 Diseño del algoritmo de radiación solar estación Nogales..... | 65 |
| 4.4 Diseño del algoritmo de radiación solar estación Magdalena | 66 |
| 4.5 Diseño del algoritmo de temperatura | 66 |
| 4.5.1 La temperatura será igual a la del día anterior | 67 |
| 4.5.2 Promedio de los dos días anteriores | 68 |
| 4.5.3 Tendencia de los dos días anteriores..... | 69 |

| | |
|---|------------|
| 4.5.4 Tendencia de los tres días anteriores..... | 72 |
| 4.5.5 Tendencia de los cuatro días anteriores..... | 76 |
| 4.5.6 Tendencia de los cinco días anteriores | 79 |
| 4.5.7 Tendencia curva de los tres días anteriores | 82 |
| 4.5.8 Pronóstico será con variaciones inmediatas..... | 86 |
| 4.6 Desarrollo de la humedad | 87 |
| CAPÍTULO V RESULTADOS DE LOS ALGORITMOS | 96 |
| 5.1 Resultados índice UV Nogales | 96 |
| 5.2 Resultados índice UV Magdalena | 104 |
| 5.3 Resultados energía solar Nogales | 112 |
| 5.4 Resultados energía solar Magdalena..... | 120 |
| 5.5 Resultados del análisis de la temperatura en Nogales | 128 |
| 5.6 Resultados del análisis de la temperatura en Magdalena..... | 129 |
| 5.7 Resultados humedad Nogales | 130 |
| 5.8 Resultados humedad Magdalena..... | 131 |
| CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS | 132 |
| 6.1 Conclusiones..... | 132 |
| 6.2 Trabajos futuros | 133 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Espectro solar..... | 11 |
| Figura 3.1 Interfaz de la aplicación de monitoreo WeatherLink | 21 |
| Figura 3.2 Base datos en formato texto | 22 |
| Figura 3.3. Base datos exportada a Excel | 22 |
| Figura 3.4 Índices máximos durante los meses de enero a junio Nogales | 29 |
| Figura 3.5 Índices máximos durante los meses de julio a diciembre Nogales | 29 |
| Figura 3.6 Índices máximos durante los meses de enero a junio Magdalena | 32 |
| Figura 3.7 Índices máximos durante los meses de enero a junio Magdalena | 33 |
| Figura 3.8 Radiación solar máxima meses de enero a junio Nogales. | 36 |
| Figura 3.9 Radiación solar máxima meses de julio a diciembre Nogales. | 37 |
| Figura 3.10 Rad. solar máxima meses de enero a junio en Magdalena | 40 |
| Figura 3.11 Rad. solar máxima meses de julio a diciembre en Magdalena.... | 41 |
| Figura 3.12 Temp. máximas y mínimas de enero a marzo en Nogales..... | 44 |
| Figura 3.13 Temp. máximas y mínimas de abril a junio en Nogales | 44 |
| Figura 3.14 Temp. máximas y mínimos de julio a septiembre en Nogales | 45 |
| Figura 3.15 Temp. máximas y mínimas de octubre a diciembre en Nogales | 45 |
| Figura 3.16 Temp. máximas y mínimas de enero a marzo en Magdalena | 48 |
| Figura 3.17 Temp. máximas y mínimas de abril a junio en Magdalena | 49 |
| Figura 3.18 Temp. máximas y mínimas de julio a septiembre en Magdalena | 49 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.19 Temp. máximas y mínimas de octubre a diciembre en Mag..... | 50 |
| Figura 3.20 Humedad de enero a junio en Nogales | 53 |
| Figura 3.21 Humedad de enero a junio en Nogales | 53 |
| Figura 3.22 Humedad de julio a septiembre en Nogales | 54 |
| Figura 3.23 Humedad de octubre a diciembre en Nogales..... | 54 |
| Figura 3.24 Humedad de enero a marzo en Magdalena | 57 |
| Figura 3.25 Humedad de abril a junio en Magdalena | 58 |
| Figura 3.26 Humedad de julio a septiembre en Magdalena | 58 |
| Figura 3.27 Humedad de octubre a diciembre en Magdalena | 59 |
| Figura 4.1 Inclinación del eje terrestre..... | 60 |
| Figura 4.2 Ubicación de la estación respecto al meridiano cero..... | 61 |
| Figura 4.3 Hora de mayor incidencia | 62 |
| Figura 5.1 Gráfica comparativa del día 1 de enero (día 1) en Nogales | 98 |
| Figura 5.2 Gráfica comparativa día 1 de abril (día 91) en Nogales | 100 |
| Figura 5.3 Gráfica comparativa día 1 de julio (día 182) en Nogales..... | 102 |
| Figura 5.4 Gráfica comparativa día 1 de octubre (día 274) en Nogales | 104 |
| Figura 5.5 Gráfica comparativa día 7 de enero (día 7) en Magdalena..... | 106 |
| Figura 5.6 Gráfica comparativa día 7 de abril (día 97) en Magdalena..... | 108 |
| Figura 5.7 Gráfica comparativa día 7 de julio (día 158) en Magdalena. | 110 |
| Figura 5.8 Gráfica comparativa día 7 de octubre (día 280) en Magdalena... | 112 |
| Figura 5.9 Gráfica comparativa día 10 de enero (día 10) en Nogales | 114 |
| Figura 5.10 Gráfica comparativa día 10 de abril (día 100) en Nogales | 116 |
| Figura 5.11 Gráfica comparativa día 10 de julio (día 191) en Nogales..... | 118 |
| Figura 5.12 Gráfica comparativa día 10 de octubre (día 283) en Nogales ... | 120 |
| Figura 5.13 Gráfica comparativa día 10 de enero (día 10) en Magdalena.... | 122 |
| Figura 5.14 Gráfica comparativa día 10 de abril (día 100) en Magdalena.... | 124 |
| Figura 5.15 Gráfica comparativa día 10 de julio (día 191) en Magdalena | 126 |
| Figura 5.16 Gráfica comparativa día 10 de octubre (día 283) en Magdalena | 128 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Bandas de radiación UV | 12 |
| Tabla 2.2 Categorías de exposición | 13 |
| Tabla 2.3 Conversiones..... | 15 |
| Tabla 3.1 Parámetros capturados por la estación WeatherLink | 19 |
| Tabla 3.2 Índices Nogales UV (IUV) | 23 |
| Tabla 3.3 Índices Magdalena UV (IUV) desde el 2 de agosto de 2016 | 23 |
| Tabla 3.4 Radiación solar Nogales (kwh) | 23 |
| Tabla 3.5 Radiación solar Magdalena (kwh)..... | 24 |
| Tabla 3.6 Temperatura Nogales | 24 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3.7 Temperatura Magdalena, desde el 2 agosto de 2016 | 24 |
| Tabla 3.8 Humedad Nogales (%) | 25 |
| Tabla 3.9 Humedad Magdalena (%) desde el 2 de agosto 2016..... | 25 |
| Tabla 3.10 Máximos UV durante los meses Enero – Junio Nogales | 26 |
| Tabla 3.11 Máximos índices UV meses de Julio a diciembre Nogales..... | 27 |
| Tabla 3.12 Máximos índices UV meses enero – junio Magdalena | 30 |
| Tabla 3.13 Máximos índices UV meses julio – diciembre Nogales..... | 31 |
| Tabla 3.14 Máxima radiación solar meses de enero a junio Nogales..... | 33 |
| Tabla 3.15 Máxima radiación solar de Julio a diciembre Nogales. | 34 |
| Tabla 3.16 Máxima radiación solar de enero a junio en Magdalena..... | 37 |
| Tabla 3.17 Máxima radiación solar de Julio a diciembre en Magdalena. | 38 |
| Tabla 3.18 Máximas y mínimas temperaturas de enero a junio en Nogales. . | 41 |
| Tabla 3.19 Temp. máximas y mínimas de julio a diciembre en Nogales. | 42 |
| Tabla 3.20 Temperatura de enero a junio en Magdalena. | 46 |
| Tabla 3.21 Máxima temperatura de julio a diciembre en Magdalena. | 47 |
| Tabla 3.22 Humedad máximas y mínimas de enero a junio en Nogales. | 50 |
| Tabla 3.23 Humedad máximas y mínimas de julio a diciembre en Nogales... | 51 |
| Tabla 3.24 Humedad máxima de enero a junio en Magdalena. | 55 |
| Tabla 3.25 Humedad máxima de julio a diciembre en Magdalena. | 56 |
| Tabla 4.1 Funciones | 67 |
| Tabla 4.2 Temperatura igual a la de día anterior..... | 68 |
| Tabla 4.3 Día siguiente promedio de los dos anteriores..... | 69 |
| Tabla 4.4 Planteamiento..... | 70 |
| Tabla 4.5 Tendencia de dos días anteriores..... | 72 |
| Tabla 4.6 Planteamiento..... | 73 |
| Tabla 4.7 Tendencia de 3 días anteriores | 75 |
| Tabla 4.8 Tendencia de 4 días anteriores | 76 |
| Tabla 4.9 Tendencia 4 días anteriores | 79 |
| Tabla 4.10 Tendencia 5 días anteriores | 79 |
| Tabla 4.11 Datos 5 días anteriores..... | 81 |
| Tabla 4.12 Proyección curva | 82 |
| Tabla 4.13 Cálculos utilizando curva | 85 |
| Tabla 4.14 Variación inmediata | 86 |
| Tabla 4.14 Funciones de humedad | 87 |
| Tabla 4.15 Humedad igual a la del día anterior | 89 |
| Tabla 4.16 Promedio de dos días..... | 89 |
| Tabla 4.17 Tendencia de dos días anteriores..... | 90 |
| Tabla 4.18 Tendencia de 3 días anteriores | 91 |
| Tabla 4.19 Tendencia de 4 días anteriores | 92 |
| Tabla 4.20 Tendencia 5 días anteriores | 93 |
| Tabla 4.21 Cálculos utilizando curva | 94 |
| Tabla 4.22 Variaciones inmediatas..... | 94 |
| Tabla 5.1 Comparativa del día 1 de enero (día 1) de Nogales | 96 |
| Tabla 5.2 Comparativa día 1 de abril (día 91) en Nogales | 98 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.3 Comparativa día 1 de julio (día 182) en Nogales..... | 100 |
| Tabla 5.4 Comparativa día 1 de julio (día 274) en Nogales..... | 102 |
| Tabla 5.5 Comparativa día 7 de enero (día 7) en Magdalena | 104 |
| Tabla 5.6 Comparativa día 7 de abril (día 97) en Magdalena..... | 106 |
| Tabla 5.7 Tabla comparativa día 7 de julio (día 158) en Magdalena | 108 |
| Tabla 5.8 Comparativa día 7 de octubre (día 280) en Magdalena..... | 110 |
| Tabla 5.9 Tabla comparativa día 10 de enero (día 10) en Nogales..... | 112 |
| Tabla 5.10 Tabla comparativa día 10 de abril (día 100) en Nogales | 114 |
| Tabla 5.11 Tabla comparativa día 10 de julio (día 191) en Nogales..... | 116 |
| Tabla 5.12 Tabla comparativa día 10 de octubre (día 283) en Nogales | 118 |
| Tabla 5.13 Tabla comparativa día 10 de enero (día 10) en Magdalena | 120 |
| Tabla 5.14 Tabla comparativa día 10 de abril (día 100) en Magdalena..... | 122 |
| Tabla 5.15 Tabla comparativa día 10 de julio (día 191) en Magdalena | 124 |
| Tabla 5.16 Tabla comparativa día 10 de octubre (día 283) en Magdalena... | 126 |
| Tabla 5.17 Comparativa de temperaturas de Nogales | 128 |
| Tabla 5.18 Comparativa de temperaturas de Magdalena..... | 129 |
| Tabla 5.19 Comparativa de humedad de Nogales | 130 |
| Tabla 5.20 Comparativa de humedad de Magdalena | 131 |

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes del problema

La historia del pronóstico del clima se ha dado desde tiempos muy remotos, lo que ha ido cambiando son los métodos utilizados para este fin, los pronósticos meteorológicos se hacen en base a la información que se tenga, para esto se han buscado patrones de eventos e interpretarlos para saber lo que puede suceder, las experiencias acumuladas con el tiempo producían una predicción, éstas, no siempre se cumplían. Las primeras culturas en desarrollar las predicciones fueron los babilónicos 650 a. c, los griegos 340 a. c y los chinos 300 a. c.

Las antiguas culturas, incluso hasta culturas actuales en base a observaciones deciden cuando iniciar una siembra.

Desde 1837, con la invención de la telegrafía comienza otra etapa en los esfuerzos de tratar de conocer el estado futuro del clima ya que se podía saber el clima en regiones distantes a tiempo real, lo anterior fue aprovechado por los ferrocarriles sabiendo con anticipación si era posible trasladarse de región en región, en caso contrario comunicaban los contratiempos a las siguientes estaciones.

Vilhelm Friman Koren Bjerknes, físico y meteorólogo noruego desarrolló buena parte de las modernas técnicas de predicción meteorológica aquí se marca el punto de partida mediante métodos numéricos (1900), después se crea la escuela noruega donde se crea el concepto de “Frentes” para poder explicar el estado del tiempo, todo esto a partir de la observación.

Fue en los años 40s cuando en base a los globos meteorológicos y la aviación se obtuvieron otros tipos de observaciones que al utilizar Física se podía predecir los movimientos atmosféricos.

En los 50s Charney, Fjortoft y Von Neumann (discípulos de Bjerknes) empezaron a utilizar modelos baroscópicos que podían prever con éxito los movimientos a gran escala de las zonas de baja a alta presión.

Avances en la predicción del tiempo se dieron a partir de 1960 cuando fue puesto en órbita el primer satélite para la observación climática (TIROS 1) trabajó durante 78 días pero en este tiempo se pudieron observar las nubes del planeta tierra y el clima de otros planetas. Los satélites TIROS comenzaron a trabajar continuamente en 1962 y daban pronósticos exactos del clima mundial y además alertas. (TIROS Program, 2000)

Existen épocas en la cuales es más difícil hacer pronósticos acertados como en la primavera y el otoño, estas épocas son de inestabilidad atmosférica ya que las variables son más cambiantes, por mucho que se tengan datos siempre sufrirán alteraciones inesperadas.

1.2 Estado del arte

Un modelo numérico de predicción no es más que una representación aproximada de la atmósfera donde todos los movimientos y procesos que tienen lugar en ella vienen descritos por una serie de ecuaciones físico-matemáticas que se tendrían que resolver, para los modelos numéricos la atmósfera es una malla tridimensional que una vez que se han resuelto las ecuaciones se obtiene un valor de las distintas variables meteorológicas como serían presión, humedad, temperatura, entre otras, en cada uno de los puntos de la malla, debido a que las ecuaciones dependen del tiempo se puede realizar un pronóstico a futuro de las variables meteorológicas.

1.2.1 Modelos

Existen diferentes métodos para predecir el estado del tiempo, el método a utilizar depende de la experiencia que se tenga, la cantidad de información disponible, del nivel de dificultad que presente la situación y el grado de exactitud que se busque.

1.2.1.1 Método de la persistencia (hoy es igual a mañana)

Para la realización de pronósticos, lo más sencillo es asumir que las condiciones no cambian el tiempo. (Galán Marín, 2012). Ejemplo: cierta región tuvo hoy un día soleado con una temperatura máxima de 15 grados centígrados, por este método se asume que el día de mañana esta misma región tendrá un día soleado con una temperatura máxima de 15 grados centígrados, si el índice máximo de radiación UV es de 3.4 el día de mañana el índice máximo de radiación UV será de 3.4

1.2.1.2 Método de la tendencia (uso de las matemáticas)

Involucra la realización de cálculos de velocidades de centros de altas y bajas presiones, frentes, áreas de nubes y precipitaciones. (Galán Marín, 2012). Ejemplo: se observa un frente frío a 1000 km de una región, este sistema se mueve a una velocidad de 250 km por día hacia el sur, se puede predecir entonces que este sistema llegará a esta región en 4 días.

Este método es aplicable cuando el sistema se mueve en la misma dirección y a una velocidad constante.

1.2.1.3 Método climatológico (estadístico)

Involucra el uso de promedios estadísticos de las variables atmosféricas acumulados a través de años. Funciona si los patrones climatológicos son similares a

la fecha seleccionada, por lo contrario, si hay un comportamiento anómalo, este no funcionará. (Galán Marín, 2012)

1.2.1.4 El método análogo

Se analiza el escenario actual y se compara con una situación similar del pasado, entonces el pronosticador podrá deducir que el tiempo en este pronóstico será similar al ocurrido en el pasado. (Galán Marín, 2012). Es difícil debido a que virtualmente es imposible encontrar un análogo idéntico ya que pequeñas diferencias entre el actual y el similar pueden conducir a resultados muy diferentes a lo esperado. Este método es posible mejorarlo teniendo un registro cada vez más grande.

1.2.1.5 Predicción numérica

Un modelo numérico es un conjunto de ecuaciones matemáticas cuya solución requiere de métodos numéricos, ecuaciones como de movimiento de aire, conservación de la energía y de masa, transformaciones termodinámicas entre otras. La predicción numérica utiliza programas de cómputo que procesan los datos y proporcionan predicciones de las variables meteorológicas tales como temperatura, presión, humedad, vientos y precipitaciones. (Galán Marín, 2012)

1.2.2 Modelos satelitales

Los modelos más utilizados para la predicción meteorológica a mediano plazo y a escala sinóptica, son los que se describen en las siguientes subsecciones.

1.2.2.1 GFS (*Global Forecast System*)

El *sistema de pronóstico global* es un modelo de pronóstico del tiempo producido por los centros nacionales de predicción Ambiental (NCEP). Docenas de variables atmosféricas y terrestres están disponibles a través de este conjunto de datos, desde temperaturas, vientos y precipitaciones hasta la humedad del suelo y la

concentración de ozono atmosférico. El **GFS** monitorea todo el planeta en una resolución horizontal básica de 18 millas (28 kilómetros) entre los puntos de una cuadrícula, que se utiliza por los pronosticadores operativos que predicen hasta 16 días en el futuro. La resolución horizontal se reduce a 44 millas (70 kilómetros) entre los puntos de la cuadrícula para pronósticos entre una semana y dos semanas, creado y utilizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica estadounidense, este modelo se actualiza cuatro veces al día con predicciones de 384 horas o 16 días, la mayoría de los institutos y agencias meteorológicas aceptan predicciones a no más de 7 días incluso hasta 10 días ya que no hay otros modelos a 16 días para comparar predicciones. Este modelo pertenece a la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). (Navy Operational Global Atmospheric Prediction System, 2012)

1.2.2.2 IFS

Este modelo meteorológico, comúnmente conocido como ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) es denominado oficialmente como "Integrated Forecast System" (IFS), es un modelo global que se ejecuta cada 12 horas, con un alcance de 10 días (240 horas), en intervalos de 24 horas. Originalmente la resolución del modelo IFS es de 50km (0.5°), siendo los mapas interpolados a una resolución aproximada de 100km (1°). La actualización de los datos se realiza dos veces al día, utilizando los datos de las 0 y 12 UTC (Universal Time Cordinated), dando comienzo la actualización de los mapas a las 6:00 y 18:00 UTC. Este modelo pertenece al Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF). (Meteolo, 2016).

1.2.2.3 UKMO (United Kingdom Met Office)

Es un modelo derivado del denominado *Unified Model del Met Office*, éste se ejecuta cada 12 horas y sus mapas llegan hasta 3 días (72 horas) en intervalos de 6 horas (hasta 48 h) y de 12 horas en adelante; la resolución aproximada es de 125

Km (1.25°), se ejecuta dos veces al día, utilizando los datos de salida de las 0h y 12 h UTC, la actualización comienza a las 3:50 h y 15:50 h UTC. Este modelo pertenece a Met Office. (Meteolo, 2016).

1.2.2.4 GEM (Global Environmental Multiscale Model)

El Modelo Global Multiescala Ambiental, es uno de los cinco modelos de escala media sinóptica predominantes de uso general, al igual que el GFS genera pronósticos de hasta 16 días, este modelo fue desarrollado para realizar pronósticos del tiempo en Canadá, está basado en ecuaciones primitivas hidrostáticas siguiendo coordenadas verticales de presión. (León H. , 2014)

1.2.2.5 NAVGEM (Navy Global Environmental Model)

Este modelo numérico se ejecuta cuatro veces al día y produce pronósticos simulados por computadoras de hasta 16 días, los datos están en formato GRIB1 en cuadrículas de latitud y longitud con espacios de entre uno y medio grado, la resolución vertical varía de entre 18 y 28 niveles. (Online, 2021)

1.2.3 Estudios similares

1.2.3.1 Aportaciones de las redes Bayesianas en Meteorología.

Predicción probabilística de precipitación. Centrada en el desarrollo de modelos gráficos probabilísticos, en particular Redes Bayesianas para aplicarlas en la predicción local, esta tesis supone un punto de partida en este campo iniciando con una descripción genérica de algunas de las posibilidades que ofrece esta herramienta en distintos problemas considerados estándar en la Meteorología actual, para terminar con una aplicación específica más desarrollada, relativa a la predicción probabilística local de eventos de precipitación. (Trueba, 2009)

1.2.3.2 Predicción de variables meteorológicas por medio del modelo ARIMA.

Investigación en la cual se elabora un programa para predecir temperatura, radiación solar, evapotranspiración de referencia y humedad relativa con modelos auto regresivos integrados de media móvil (ARIMA) probando la efectividad del programa para realizar predicciones en condiciones de alta y baja precipitación. (G. Javier Aguado-Rodríguez, 2016)

1.2.3.3 Modelos de predicción de caudal utilizando variables macro-climáticas y técnicas estadísticas multivariadas en el valle del río Cauca.

Investigación enfocada en la revisión del estado del arte de los fenómenos océano-atmosféricos que afectan la hidrología como el niño que causa un gran impacto socioeconómico en Colombia. El estudio incluye revisiones de técnicas estadísticas donde se analiza una base de datos del caudal del río Cauca. (Carvajal Escobar, 2007)

1.2.3.4 Estación meteorológica con comunicación GSM para predicción de heladas y detección de viento zonda.

Consta de una estación meteorológica complementada con una red de celulares la cual, cuando detecta vientos o probabilidad de heladas envía señales de alarma al usuario. Se utilizan aproximaciones por mínimos cuadrados en base a sensores distribuidos en el área de interés, los equipos distribuidos monitorean además otros parámetros a los cuales el usuario puede tener acceso. (C. Godoy, 2012)

1.3 Planteamiento del problema

El Instituto Tecnológico de Nogales cuenta desde el año 2010 con una estación de monitoreo, aunado a esto una base de datos desde esa fecha con la cual se pretende aprovecharla buscando patrones que ayuden a predecir el comportamiento de las siguientes variables meteorológicas: temperatura, humedad, índices UV y Radiación solar.

También se pretende lo mismo en la Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica Magdalena, que desde el año 2016 tiene instalada otra estación de monitoreo y base de datos meteorológicos para el análisis de datos.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Analizar las bases de datos que se tienen para buscar patrones utilizando herramientas matemáticas, obtener tendencias y así generar fórmulas o algoritmos para obtener predicciones a corto plazo.

1.4.2 Específicos

Analizar los índices UV y obtener patrones que indique los niveles que se percibirán en cualquier momento.

Analizar la cantidad de energía solar que se recibe en diferentes épocas del año y en cualquier hora del día.

Analizar el comportamiento de la temperatura en diferentes momentos y generar pronósticos a corto plazo.

Analizar la humedad y obtener fórmulas de predicción.

1.5 Justificación

Utilizar las bases de datos generadas por los sistemas de monitoreo instalados en el Instituto Tecnológico de Nogales y La Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica Magdalena para generar alertas y pronósticos de los índices de rayos ultravioleta y radiación solar además de pronósticos de temperatura y humedad, éstos publicados en el sitio www.sistemauesitn.com.

1.6 Hipótesis

Es posible obtener algoritmos, fórmulas o patrones utilizando bases de datos generadas por dos estaciones meteorológicas y con esto pronosticar y publicarlos a través del sitio web.

1.7 Delimitaciones

El proyecto consiste en analizar el comportamiento de cuatro parámetros como son índices UV, radiación solar, temperatura y humedad y obtener patrones de comportamiento con los cuales se pueda obtener algunos pronósticos, las estaciones de monitoreo obtienen y almacenan hasta 37 parámetros a la vez pero solamente se trabajará en los mencionados, esto aplicaría en dos estaciones de monitores situadas en la ciudad de Nogales y Magdalena en el estado de Sonora.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El paso de las estaciones del año depende principalmente de los cambios cíclicos en el aporte de energía solar hacia las diferentes regiones del planeta, no todas las regiones del planeta reciben los rayos solares de la misma forma, en el ecuador los rayos solares inciden más directamente, pero entre más nos alejemos de él, los rayos incidirán cada vez más inclinados de modo que la mayor inclinación de estos ocurrirá en los polos.

La inclinación del eje terrestre y el movimiento de translación son los factores más importantes que definen la sucesión de las estaciones, hay otros factores que tienen una gran influencia en la determinación del clima global y de cada región, dos de estos factores particularmente importantes están relacionados con la geografía de cada región y el movimiento de masas de agua y aire que transfieren calor de un lado a otro del planeta.

2.1 Radiación Solar

La energía solar es un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol, esta es transferida por medio de ondas electromagnéticas a una velocidad de 299,792 Km/s, la longitud de onda y la frecuencia son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración.

Las ondas electromagnéticas tienen diferente longitud de onda, al conjunto de estas se le denomina espectro electromagnético, mientras que al conjunto de ondas emitidas por el sol se le denomina *espectro solar*, se muestra en la Figura 2.1. (IDEAM, 2019)

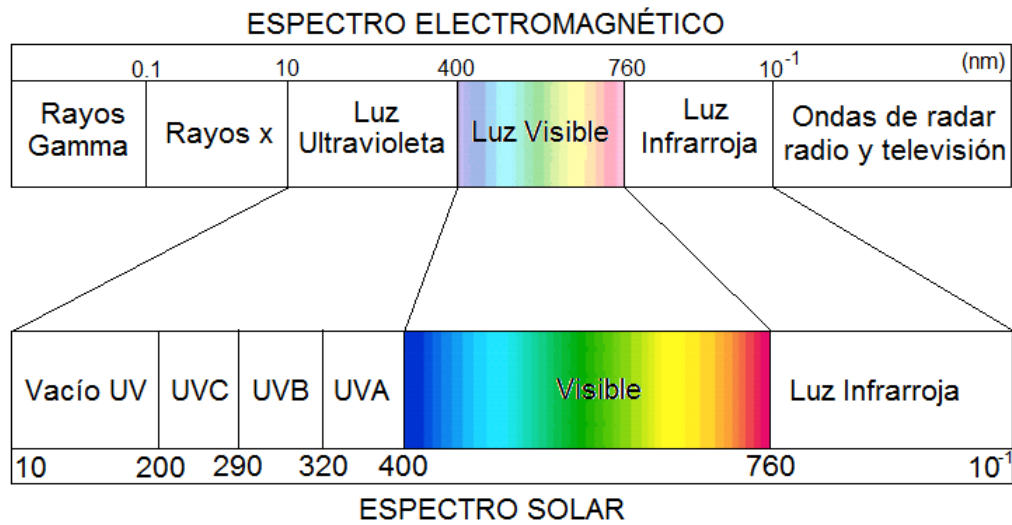


Figura 0.1 Espectro solar

2.1.1 Unidades de medida

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera, es posible medirla en una superficie plana y horizontal mediante un sensor de radiación o piranómetro.

La radiación solar medida en las estaciones meteorológicas es ofrecida en unidades de potencia y está en vatios sobre metros cuadrados (w/m^2).

Si se requiere convertir las unidades de potencia en unidades de energía habrá que multiplicarse por unidades de tiempo (segundos) y se obtendrá julio por metro cuadrado (J/m^2), para el caso de la obtención media diaria habrá que multiplicarse por 86,400 segundos y se obtendría (J/m^2).

2.1.2 Instrumentación

Para medir la radiación solar se utiliza un instrumento meteorológico llamado *piranómetro o solarímetro*, el desarrollo de éste, empezó en el año 1913 utilizado por Kipp y Zonen y diseñado por el Dr. Moll de la Universidad de Utrecht para la medición de la luz y la radiación térmica, se basaba en una termopila y aprovechando estas características, en 1924 el profesor L. Gorczynski, del Instituto Meteorológico de Polonia construyó el piranómetro, con las termopilas los instrumentos para medir la radiación solar fueron más compactos, ligeros y económicos, estos no necesitaban alimentación externa ya que ellos mismos generaban una tensión externa.

2.2 Índice de radiación UV

Al físico alemán Johann Wilhelm Ritter se le atribuye el descubrimiento de la luz ultravioleta en 1801, ahora se sabe que el sol emite luz, calor y radiación ultravioleta (UV), el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400 nm (nanómetros 1×10^{-9} metros) es la región UV, esta se divide en las tres bandas de la Tabla 2.1.

Tabla 0.1 Bandas de radiación UV

| | |
|-----|--------------------------------|
| UVA | Desde los 315 a los 400 nm |
| UVB | Desde los 280 hasta los 315 nm |
| UVC | Desde los 100 hasta los 280 nm |

Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC, aproximadamente el 90% de la radiación UVB y en menor medida la radiación UVA, por consecuencia gran parte de esta llega a la superficie terrestre y en menor medida la radiación UVB.

La radiación UV tiene algunas variantes como son:

- La hora del día (entre más alto veamos el sol, más intensa es la radiación UV)

- La época del año (más intensa en verano)
- La cercanía con el ecuador (cuanto más cerca del ecuador, mayor intensidad)
- El tipo de nublado (la intensidad es mayor cuando no hay nubes)
- La altitud de la zona terrestre (más altura mayor índice UV)
- La concentración de ozono (varía durante todo el año)
- El tipo de suelo (Tipos de suelo reflejan la intensidad UV como la nieve, la arena de la playa y la espuma del mar)

Los valores del IUUV se dividen en las categorías de exposición de la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Categorías de exposición

| CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN | INTERVALOS DE VALORES |
|-------------------------|-----------------------|
| BAJA | < 2 |
| MODERADA | 3 A 5 |
| ALTA | 6 A 7 |
| MUY ALTA | 8 A 10 |
| EXTREMADAMENTE ALTA | 11 + |

Categorías de exposición a la radiación UV

2.2.1 Instrumentación

Para medir la intensidad de rayos ultravioleta se utilizan dispositivos semiconductores los cuales producen un efecto fotovoltaico, éstos detectan la forma de radiación electromagnética, pero en longitudes de onda más corta que la radiación visible, los sensores tienen salida analógica que varía respecto a la intensidad de los rayos UV que inciden en ellos.

Algunos de los materiales utilizados para la construcción de sensores UV son el telurio de cadmio, arseniuro de galio, pero el más utilizado es el silicio debido a que es el segundo material más abundante en el planeta tierra.

El *nanómetro* es la unidad de longitud que equivale a una mil-millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) y se utiliza para medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz.

2.3 Temperatura ambiental

La temperatura es una propiedad física medible, esta se relaciona con la rapidez con que se mueven las partículas que constituyen la materia, mientras más se agiten, mayor temperatura, de gran utilidad en la meteorología, es una de las magnitudes más utilizadas para comprender el estado de la atmósfera. La temperatura varía en el transcurso del día, nunca se tiene una temperatura igual en el transcurso de éste.

2.3.1 Escalas

Existen básicamente tres escalas para medir la temperatura

1.4.2.1 Escala en grados Celsius ($^{\circ} \text{C}$)

Pertenece al Sistema Internacional de Unidades, creada en un inicio por Anders Celsius en 1742, para la creación de esta escala consideró la congelación y ebullición del agua, Anders asignó a su escala 100°C y 0°C respectivamente, pero Linneo invirtió la escala años más tarde.

1.4.2.2 Escala en grados Kelvin ($^{\circ} \text{K}$)

Es la unidad de temperatura de la escala científica creada en 1848 por William Thomson, su cero se sitúa en el punto donde los átomos y las moléculas estarían en

repose, este punto corresponde a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para pasar de la escala centígrada a la escala Kelvin habrá que sumar 273.

1.4.2.3 Escala en grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)

Propuesta por Daniel Gabriel Fahrenheit en 1724 y está basada en los puntos de congelación y evaporación del cloruro de amónico en agua, en esta escala el punto de ebullición del agua es de 212 grados y el punto de congelación es 32 grados.

La tabla muestra la relación que existe entre las diferentes escalas y fórmulas para su conversión (Tabla 2.3)

Tabla 2.3 Conversiones

| Escala | Centígrados | Kelvin | Fahrenheit |
|-------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| Centígrados | | $K - 273.15$ | $\frac{F - 32}{1.8}$ |
| Kelvin | $C + 273.15$ | | $\frac{5F + 2298.35}{9}$ |
| Fahrenheit | $1.8C + 32$ | $1.8K - 459.67$ | |

2.3.2 Instrumentación

Para la medición de la temperatura se utilizan diversos instrumentos, y en gran medida de las necesidades y requerimientos, para estos existen varios tipos:

Termo-metálicos: soportan altas temperaturas, fluidos en procesos agresivos y diversos

Pirómetros: No es necesario que esté en contacto con el objeto a medir.

Termo-hidrógrafos: Usados en gran medida por la meteorología.

Termómetros termistores: Está basado en elementos semiconductores los cuales varían su resistividad en función de la temperatura.

Termómetros termopar: Basado en un par de hilos metálicos de diferente material, se le agrega una punta de medición y se obtiene una diferencia de potencial entre el objeto medido y el instrumento.

Termómetro con sensores de platino: Los sensores aumentan su resistencia cuando aumenta la temperatura, utiliza generalmente el platino.

Termómetro infrarrojo: Es utilizado en donde los demás tipos no pueden ser utilizados, se basa en un rayo de luz infrarroja el cual contiene energía y es convertido a señal eléctrica y capta la emisividad de los objetos.

2.4 Humedad ambiental

La humedad es la cantidad de vapor de agua que se encuentra diluida en la atmósfera, la humedad es posible medirla en g/m^3 , es decir gramos por cada metro cúbico.

Existen tres tipos de humedad:

Humedad absoluta, es medible en gramos por cada metro cúbico de aire.

Humedad relativa, relación entre la cantidad de vapor de agua y el máximo que es contenible a cierta temperatura.

Humedad específica, las unidades de medida para este concepto es kg de agua por kg de aire seco.

2.4.1 Escalas

Las mediciones de la humedad se realizan en porcentajes, mínimo 0% y el máximo 100%. Es la proporción de la cantidad de vapor de agua disuelta en el aire, en relación con la cantidad de agua con la cual se saturaría a cierta temperatura.

2.4.2 Instrumentación

El instrumento para realizar la medición de la humedad se conoce como higrómetro, los principios de su funcionamiento los estableció el físico francés Guillaume Amontons en el año 1687, después fue mejorado por Fahrenheit, estos antiguos instrumentos contenían elementos sensibles a las variaciones de la humedad como son el cabello humano.

Clasificación según su tipo:

Por su funcionamiento, cabello, condensación, sensores o eléctrico.

Por su uso, medición ambiental o en materiales.

Por la manera en que presenta los datos, analógico o digital.

Tipos de higrómetro:

De cabello (higroscopio), Utiliza un cordón hecho con cabello humano que se tuerce según la humedad del ambiente accionando una aguja sobre una escala predeterminada.

Absorción, se combina con sustancias químicas que absorben o desprenden la humedad del ambiente

Eléctrico, contiene dos electrodos impregnados con cloruro de litio y agua

Condensación, se basa en una superficie pulida la cual se empaña y varía su temperatura.

Digital, diseñado en base a circuitos electrónicos que detecta variaciones en función a la humedad del ambiente mostrándolas en una pantalla.

CAPÍTULO III ANÁLISIS

3.1 Recopilación de datos

La recopilación de datos inicia el día 23 de agosto del 2010, en la Tabla 3.1 se muestran los parámetros capturados por la estación WeatherLink en el Instituto Tecnológico de Nogales. (Miranda, 2018)

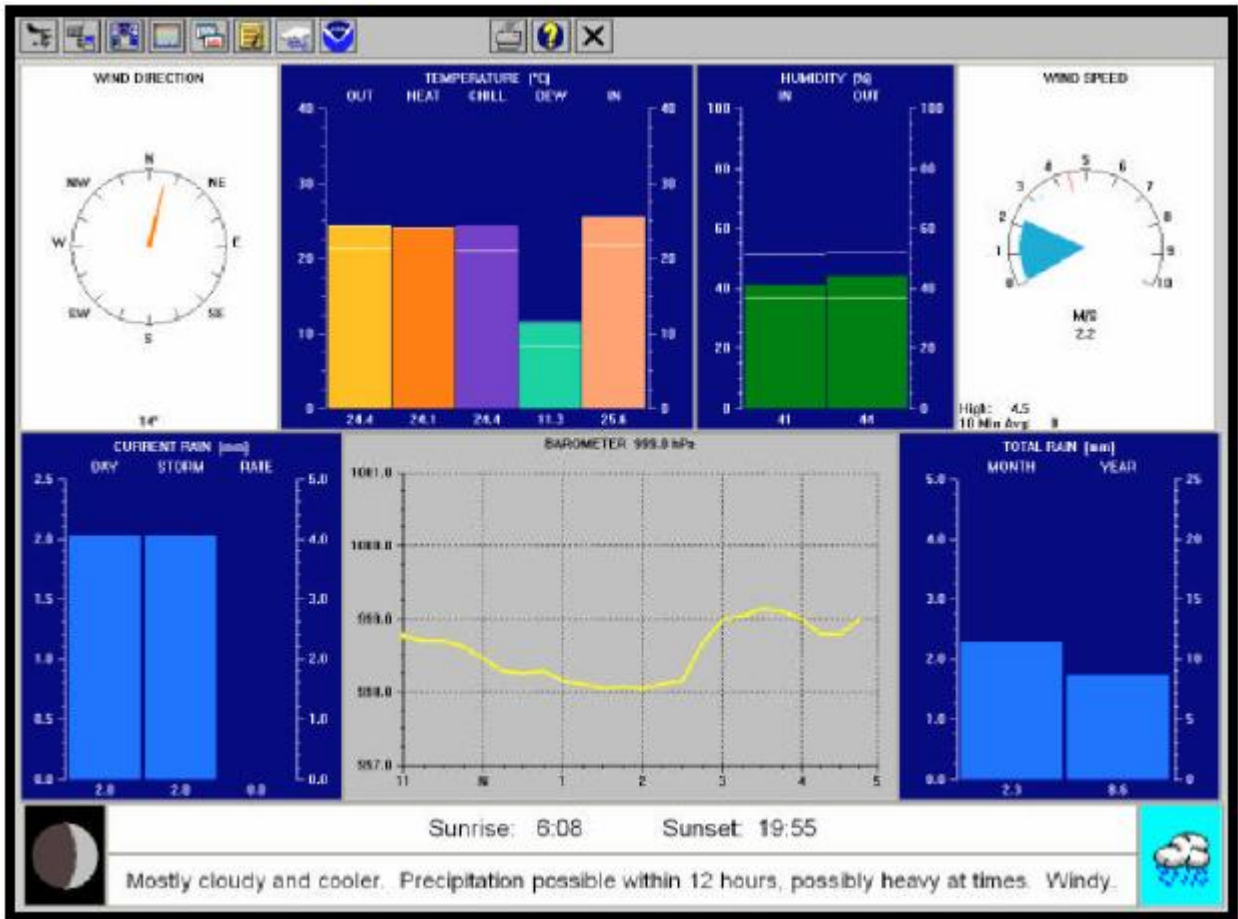
Tabla 3.1 Parámetros capturados por la estación WeatherLink

| Variable Inglés | Variable Español | Unidades | Indicación |
|-----------------|----------------------|--|---|
| Date | Fecha | <i>Día/Mes/Año</i> | Indica la fecha de captura. |
| Time | Hora | Horas: minutos | Indica la hora de captura |
| TempOut | Temperatura Exterior | °C | Indica la Temperatura ambiente exterior. |
| Hi Temp | Temperatura Máxima | °C | Indica la temperatura máxima registrada. |
| Low Temp | Temperatura Mínima | °C | Indica la temperatura mínima registrada. |
| Out Hum. | Humedad Exterior | % | Indica la cantidad de humedad en el exterior. |
| Dew Pt. | Punto de Rocío | % | Indica el Punto de Rocío. |
| Wind Speed | Velocidad de Viento | <i>m/s</i> | Indica la velocidad de viento. |
| Win Dir. | Dirección de Viento | <i>N, S, E, O, etc ...</i> | Indica la Dirección del viento |
| Win Run | Carrera del Viento | Milla de viento o Kilometro de viento | Indica la cantidad de viento. |
| Hi Speed | Velocidad Máxima | <i>m/s</i> | Velocidad máxima registrada |
| Hi Dir. | Dirección Máxima | <i>N, S, E, O, etc ...</i> | Dirección máxima registrada |

| | | | |
|---------------|-------------------------|------------------|--|
| Wind Chill | Enfriamiento del Viento | °C | Indica el enfriamiento del viento |
| Heat Index | Índice de Calor | °C | Índice que combina la temperatura del aire y la humedad relativa |
| THW Index | Índice THW | °C | Indica el Índice de percepción |
| THSW Index | Índice THSW | °C | Indica el Índice de percepción |
| Bar | Presión Barométrica | Bar | Presión atmosférica expresada en Bares. |
| Rain | Lluvia | mm. | Cantidad de lluvia |
| Rain Rate | Intensidad de lluvia | mm. | |
| Solar Rad. | Radiación Solar | w/m ² | Indica la cantidad de radiación solar. |
| Solar Energy | Energía Solar | w/m ² | Indica la cantidad de Energía Solar. |
| Hi-Solar Rad. | Radiación Solar Máxima | w/m ² | Indica la cantidad de Radiación solar Máxima registrada. |
| UV Index | Índice UV | Índice | Indica el índice de rayos UV. |
| UV Dose | Dosis de UV | Índice | Indica la porción de rayos UV. |
| Hi UV | UV Máxima | Índice | Indica la Cantidad de rayos UV Máximos registrados. |
| Heat D-D °C | Calor D-D | °C | Indica el calor de los Grados-Día. |
| Cool D-D °C | Frio D-D | °C | Indica el Frio de los Grados-Día. |
| In Temp. | Temperatura Interior | °C | Indica la temperatura en los interiores. |
| In Hum. | Humedad Interior | w/m ² | Indica la cantidad de humedad que hay en los interiores |
| In Dew | Rocío Interior | °C | Indica el punto de rocío en los interiores. |
| In Heat | Calor Interior | °C | Indica la cantidad de calor en los interiores. |
| ET | Evapotranspiración | mm. | Cantidad de Evapotranspiración. |
| Wind Samp | Vientos Muestra | <i>Cantidad</i> | Cantidad de Muestras. |
| Wind Tx. | Canal de recepción | Canal | Canal de Recepción. |
| ISS Recept | Recepción ISS | % | Porcentaje de Recepción. |

| | | | |
|-----------|-----------------------|---|-----------|
| Arc. Int. | Intervalo de Archivos | # | Archivos. |
|-----------|-----------------------|---|-----------|

El proceso de medición consiste en la captura y registro de treinta y siete parámetros (Tabla 3.1) y empieza con la captura de éstos por parte de la estación vía inalámbrica a una terminal receptora que recibe los datos y los registra en el servidor o PC al que está conectado, utilizando como medios de salida los registros del día se almacenan en un archivo de texto y pueden ser visualizados en la terminal local del



sistema WeatherLink, ver Figura 3.1.

Figura 3.1 Interfaz de la aplicación de monitoreo WeatherLink

3.2 Análisis del comportamiento de los datos

La base de datos es generada en formato de texto (Figura 3.2), esta base se exporta a formato hoja de cálculo o plantilla electrónica (Figura 3.3), este formato permite la manipulación de los datos numéricos por medio de fórmulas.

| Date | Time | Temp Out | Hi Temp | Low Temp | Out Hum | Dew Pt. | wind Speed | wind Dir | wind Run | Hi Speed | Hi Dir | wind Chi |
|----------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|------------|----------|----------|----------|--------|----------|
| 08/23/10 | 9:30 a | 30.6 | 30.8 | 29.7 | 52 | 19.6 | 1.6 | N | 0.80 | 8.0 | NNE | |
| 08/23/10 | 10:00 a | 31.9 | 31.9 | 30.6 | 51 | 20.5 | 1.6 | N | 0.80 | 8.0 | N | |
| 08/23/10 | 10:30 a | 33.3 | 33.3 | 31.9 | 46 | 20.1 | 0.0 | N | 0.00 | 4.8 | NNW | |
| 08/23/10 | 11:00 a | 33.4 | 33.4 | 32.3 | 43 | 19.2 | 1.6 | ENE | 0.80 | 8.0 | N | |
| 08/23/10 | 11:30 a | 32.8 | 33.6 | 32.8 | 43 | 18.6 | 3.2 | S | 1.61 | 9.7 | S | |
| 08/23/10 | 12:00 p | 34.3 | 34.4 | 32.8 | 39 | 18.3 | 1.6 | ESE | 0.80 | 8.0 | SW | |
| 08/23/10 | 12:30 p | 34.7 | 35.1 | 34.3 | 38 | 18.3 | 1.6 | WNW | 0.80 | 14.5 | SW | |
| 08/23/10 | 1:00 p | 35.8 | 35.9 | 34.7 | 37 | 18.9 | 1.6 | WNW | 0.80 | 8.0 | WNW | |
| 08/23/10 | 1:30 p | 32.8 | 36.0 | 32.8 | 41 | 17.8 | 1.6 | NE | 0.80 | 9.7 | S | |
| 08/23/10 | 2:00 p | 31.3 | 32.8 | 31.3 | 41 | 16.5 | 1.6 | NNW | 0.80 | 24.1 | N | |
| 08/23/10 | 2:30 p | 27.3 | 31.3 | 27.3 | 47 | 15.0 | 8.0 | N | 4.02 | 22.5 | W | |
| 08/23/10 | 3:00 p | 27.4 | 27.4 | 26.8 | 53 | 17.0 | 1.6 | WNW | 0.80 | 17.7 | W | |

Figura 3.2 Base datos en formato texto

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|----------|-------------|------|------|------|-----|------|-------|------|------|
| 1 | | | Temp | Hi | Low | Out | Dew | Wind | Wind | Wind |
| 2 | Date | Time | Out | Temp | Temp | Hum | Pt. | Speed | Dir | Run |
| 3 | 08/23/10 | 09:30 a. m. | 30.6 | 30.8 | 29.7 | 52 | 19.6 | 1.6 | N | 0.8 |
| 4 | 08/23/10 | 10:00 a. m. | 31.9 | 31.9 | 30.6 | 51 | 20.5 | 1.6 | N | 0.8 |
| 5 | 08/23/10 | 10:30 a. m. | 33.3 | 33.3 | 31.9 | 46 | 20.1 | 0 | N | 0 |
| 6 | 08/23/10 | 11:00 a. m. | 33.4 | 33.4 | 32.3 | 43 | 19.2 | 1.6 | ENE | 0.8 |
| 7 | 08/23/10 | 11:30 a. m. | 32.8 | 33.6 | 32.8 | 43 | 18.6 | 3.2 | S | 1.61 |
| 8 | 08/23/10 | 12:00 p. m. | 34.3 | 34.4 | 32.8 | 39 | 18.3 | 1.6 | ESE | 0.8 |
| 9 | 08/23/10 | 12:30 p. m. | 34.7 | 35.1 | 34.3 | 38 | 18.3 | 1.6 | WNW | 0.8 |

Figura 3.3. Base datos exportada a Excel

Las tablas 3.2 y 3.3 muestran el comportamiento general de los índices UV de la base de datos, detectando los máximos, mínimos, rango y promedio del año 2017 al 2019, en la estación Nogales no se registró el año 2016 por no tener instalado el

sensor apropiado y la estación Magdalena inició operaciones el 2 de agosto de 2016 y no se tenía el año completo.

Tabla 3.2 Índices Nogales UV (IUV)

| Año | Mínimo | Promedio | Máximo |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| 2016 | - | - | - |
| 2017 | 0 | 1.5 | 9.7 |
| 2018 | 0 | 1.4 | 9.2 |
| 2019 | 0 | 1.3 | 9.5 |

Tabla 3.3 Índices Magdalena UV (IUV) desde el 2 de agosto de 2016

| Año | Mínimo | Promedio | Máximo |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| 2016 | - | - | - |
| 2017 | 0 | 1.6 | 10.9 |
| 2018 | 0 | 1.2 | 7.9 |
| 2019 | 0 | 1.2 | 8.7 |

Las tablas 3.4 y 3.5 muestran registros de la radiación solar, detectando los máximos, mínimos, rango y promedio del año 2016 al 2019 en el caso de Nogales y del 2017 al 2019 en el caso de Magdalena.

Tabla 3.4 Radiación solar Nogales (kwh)

| Año | Mínimo | Promedio | Máximo |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| 2016 | 0 | 247 | 1128 |
| 2017 | 0 | 246 | 1121 |
| 2018 | 0 | 246 | 1099 |
| 2019 | 0 | 221 | 1183 |

Tabla 3.5 Radiación solar Magdalena (kwh)

| Año | Mínimo | Promedi o | Máximo |
|------|--------|--------------|--------|
| 2016 | - | - | - |
| 2017 | 0 | 229 | 1089 |
| 2018 | 0 | 220 | 1069 |
| 2019 | 0 | 222 | 1126 |

Las tablas 3.6 y 3.7 muestran mínimos, máximos, promedio y rango de las temperaturas en los años 2016 al 2019.

Tabla 3.6 Temperatura Nogales

| Período | Mínimo | Promedi o | Máximo | Rango |
|---------|--------|--------------|--------|-------|
| 2016 | -4.2 | 20 | 41.6 | 45.8 |
| 2017 | -1.4 | 20.9 | 41.8 | 43.2 |
| 2018 | -1.9 | 20.7 | 39.2 | 41.1 |
| 2019 | -5.4 | 18.22 | 38.7 | 44.1 |

Tabla 3.7 Temperatura Magdalena, desde el 2 agosto de 2016

| Período | Mínimo | Promedi o | Máximo | Rango |
|---------|--------|--------------|--------|-------|
| 2016 | -0.2 | 21.8 | 39.6 | 39.8 |

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 2017 | -0.4 | 22.2 | 43.9 | 44.3 |
| 2018 | -1.8 | 21.4 | 42.6 | 44.4 |
| 2019 | -2.3 | 20.8 | 42.9 | 45.2 |

Las tablas 3.8 y 3.9 muestran los máximos, mínimos y promedios de la humedad registrada del año 2016 al 2019.

Tabla 3.8 Humedad Nogales (%)

| Año | Mínimo | promedi o | Máximo | rango |
|------|--------|--------------|--------|-------|
| 2016 | 9 | 41.8 | 94 | 85 |
| 2017 | 0 | 39.6 | 96 | 96 |
| 2018 | 1 | 40.8 | 98 | 97 |
| 2019 | 5 | 46.2 | 97 | 92 |

Tabla 3.9 Humedad Magdalena (%) desde el 2 de agosto 2016

| Año | Mínimo | promedi o | máximo | rango |
|------|--------|--------------|--------|-------|
| 2016 | 5 | 47.7 | 98 | 93 |
| 2017 | 1 | 40.7 | 97 | 96 |
| 2018 | 1 | 44.3 | 97 | 96 |
| 2019 | 6 | 47.8 | 96 | 90 |

Los parámetros en análisis en el presente trabajo es el comportamiento de los rayos UV, la energía solar, la temperatura y la humedad ya que se cuenta con una base de datos generada desde el año 2010 y una segunda base de datos que se genera en la Ciudad de Magdalena desde agosto del año 2016.

3.2.1 Radiación ultravioleta (IUV)

La estación meteorológica instalada en el Instituto Tecnológico de Nogales contiene una base de datos desde el 2010 de una gran cantidad de variables meteorológicas, para encontrar el algoritmo que ayude a predecir los índices UV en cualquier día del año y a cualquier hora se hizo un análisis de las lecturas almacenadas cada media hora desde el 1 de enero de 2016 hasta el 31 de diciembre de 2019.

La Tabla 3.10 indica los registros máximos obtenidos durante los años del 2016 al 2019 en la estación ubicada en Nogales, ejemplo: los días 1 de enero de esos años, el máximo registro fue un índice UV de 2.6, ésta tabla comprende la mitad del año, de enero a junio, la Tabla 3.11 corresponde a la segunda mitad del año, de julio a diciembre.

Tabla 3.10 Máximos UV durante los meses Enero – Junio Nogales

| Día | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 2.6 | 4.5 | 6.1 | 7.1 | 8.4 | 8.1 |
| 2 | 3.3 | 4.4 | 6.6 | 7 | 8.3 | 8 |
| 3 | 3.4 | 4.4 | 6.6 | 7.3 | 7.9 | 8.7 |
| 4 | 3.4 | 4.7 | 6.3 | 7.4 | 7.9 | 8.7 |
| 5 | 3.4 | 3.5 | 6.5 | 7.7 | 8.3 | 8 |
| 6 | 3.4 | 4.7 | 6.5 | 7.8 | 7.8 | 8.4 |
| 7 | 3.4 | 4.9 | 6.3 | 8.4 | 7.7 | 8.5 |
| 8 | 3.7 | 4.9 | 6.3 | 7.5 | 7.8 | 9 |
| 9 | 3.1 | 5.2 | 6.2 | 7.7 | 7.7 | 9.3 |
| 10 | 3.1 | 5.2 | 6.4 | 7.7 | 8.3 | 8.9 |
| 11 | 3.5 | 4.2 | 5.9 | 7.2 | 8.7 | 9.6 |
| 12 | 3.2 | 4.4 | 6.3 | 7.7 | 8.6 | 9.4 |
| 13 | 3 | 5.1 | 6.2 | 7.7 | 8 | 9.5 |
| 14 | 3.4 | 4.9 | 6.2 | 7.6 | 8.4 | 9.6 |
| 15 | 3 | 4.9 | 6.2 | 7.4 | 8.1 | 9.2 |
| 16 | 3.4 | 4.7 | 6.5 | 7.7 | 8 | 9.2 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 17 | 3.4 | 3.5 | 6.7 | 8.4 | 8.3 | 9 |
| 18 | 3.5 | 3.9 | 6.7 | 8.2 | 7.7 | 9.2 |
| 19 | 3.5 | 5.7 | 6.9 | 7.8 | 8.1 | 9.2 |
| 20 | 3.8 | 6.1 | 7 | 7.9 | 8.2 | 9.2 |
| 21 | 3.5 | 6.3 | 7.1 | 7.9 | 8.1 | 9.1 |
| 22 | 4.2 | 5.7 | 6.9 | 7.9 | 8.3 | 8.7 |
| 23 | 3.5 | 5.9 | 7.1 | 7.8 | 8.7 | 8.6 |
| 24 | 3.6 | 5.9 | 7.3 | 7.4 | 8.4 | 8.9 |
| 25 | 3.6 | 6 | 7.2 | 8.2 | 8.5 | 8.9 |
| 26 | 3.7 | 5.3 | 7.2 | 8 | 8.4 | 8.7 |
| 27 | 3.6 | 6.5 | 7.1 | 8.2 | 8.2 | 9.1 |
| 28 | 3.7 | 6.3 | 6.9 | 7.4 | 8.5 | 9.5 |
| 29 | 3.8 | | 6.9 | 8.4 | 8.3 | 9.2 |
| 30 | 4.1 | | 7.4 | 8.5 | 8.4 | 9.3 |
| 31 | 4.4 | | 6.9 | | 8.4 | |

Tabla 3.11 Máximos índices UV meses de Julio a diciembre Nogales

| Día | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 9.1 | 8.6 | 7.8 | 6.9 | 4.1 | 3.1 |
| 2 | 8.9 | 9.1 | 7.5 | 6.8 | 4.3 | 3 |
| 3 | 8.9 | 8.6 | 7.9 | 6.6 | 4.2 | 3.3 |
| 4 | 9 | 9 | 8 | 6.4 | 4.2 | 3.4 |
| 5 | 8.3 | 8.8 | 7.5 | 6.5 | 4.3 | 2.9 |
| 6 | 9.2 | 8.3 | 7.9 | 6.6 | 4.2 | 2.9 |
| 7 | 9.3 | 8.5 | 7.8 | 6.2 | 4.2 | 2.9 |
| 8 | 9 | 8.7 | 8 | 6 | 4.2 | 2.9 |
| 9 | 9.3 | 8.3 | 7.7 | 6 | 4.2 | 2.9 |
| 10 | 9 | 8.9 | 7.7 | 5.8 | 4.2 | 2.7 |
| 11 | 8.6 | 9 | 7.9 | 5.9 | 4.1 | 2.5 |
| 12 | 9.2 | 8.8 | 7.7 | 5.8 | 4 | 2.8 |
| 13 | 9.2 | 9.2 | 7.5 | 5.8 | 4.2 | 2.9 |
| 14 | 9.1 | 9 | 7.9 | 5.6 | 4 | 3 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 8.5 | 9.1 | 7.6 | 6 | 3.9 | 2.6 |
| 16 | 8.5 | 8.7 | 7 | 5.6 | 4.1 | 2.4 |
| 17 | 9.7 | 8.5 | 7.3 | 5.4 | 3.8 | 2.8 |
| 18 | 9.3 | 8.5 | 7.1 | 5.3 | 3.6 | 2.6 |
| 19 | 9.3 | 8.4 | 7.5 | 5.3 | 3.5 | 2.9 |
| 20 | 8.8 | 8.7 | 7.2 | 5.2 | 3.4 | 3 |
| 21 | 8.7 | 8.8 | 7.5 | 5 | 3.3 | 2.8 |
| 22 | 9.1 | 8.5 | 6.9 | 5.1 | 3.3 | 2.7 |
| 23 | 8.7 | 8.8 | 6.9 | 4.7 | 3.6 | 2.9 |
| 24 | 8.8 | 8.7 | 6.8 | 5 | 3.7 | 2.9 |
| 25 | 8.8 | 8.8 | 6.7 | 4.6 | 3.6 | 3 |
| 26 | 8.9 | 8.1 | 7 | 4.8 | 3.6 | 2.5 |
| 27 | 9.1 | 8.1 | 6.7 | 5 | 3.5 | 2.4 |
| 28 | 8.4 | 7.8 | 6.8 | 4.7 | 3.1 | 2.8 |
| 29 | 8.5 | 8.2 | 7 | 4.5 | 3 | 3 |
| 30 | 9.2 | 8.2 | 7.1 | 3.9 | 2.9 | 2.8 |
| 31 | 9.3 | 7.8 | | 4 | | 2.8 |

La Figura 3.4 corresponde a la Tabla 3.10 en forma gráfica mientras que la Figura 3.5 corresponde a la Tabla 3.11

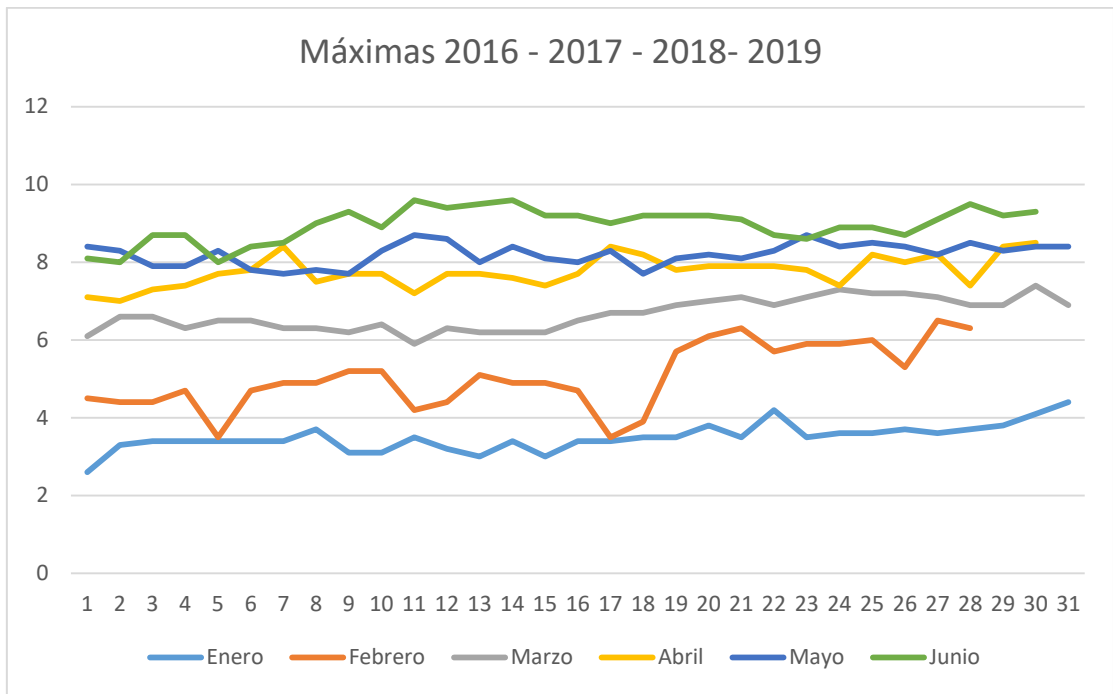


Figura 3.4 Índices máximos durante los meses de enero a junio Nogales

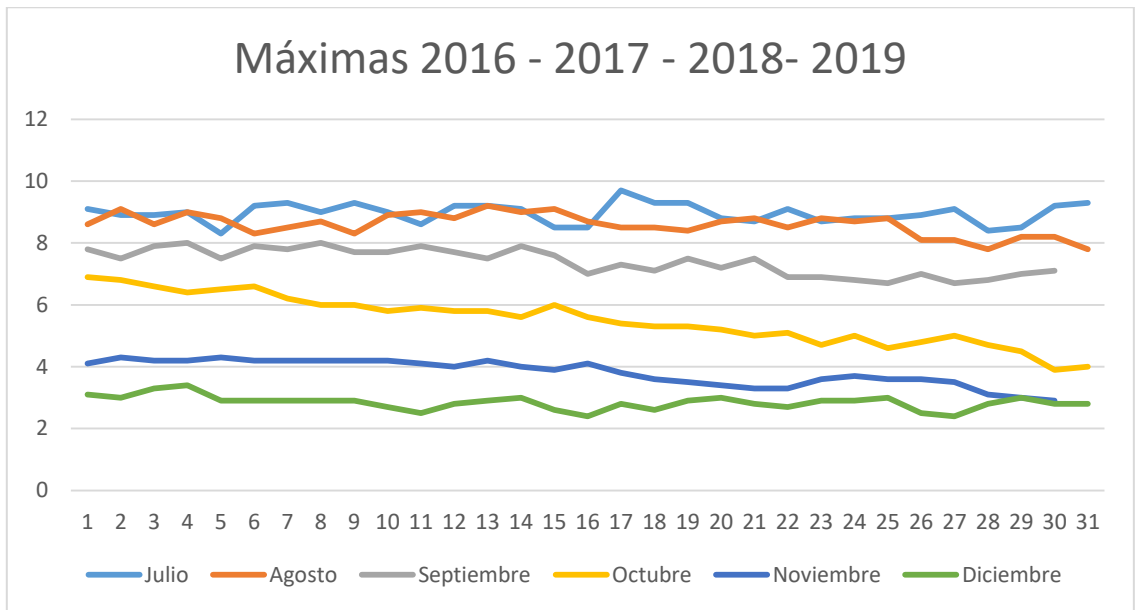


Figura 3.5 Índices máximos durante los meses de julio a diciembre Nogales

La Tabla 3.12 contiene los máximos índices UV registrados del 2016 al 2019 en la estación ubicada en Magdalena, ejemplo: máximos de todos los días primeros de cada año, ésta tabla comprende la mitad del año, de enero a junio, la Tabla 3.13 de julio a diciembre del mismo año.

Tabla 3.12 Máximos índices UV meses enero – junio Magdalena

| Día | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 3.2 | 5.2 | 6.4 | 6.6 | 10.1 | 8.2 |
| 2 | 3.3 | 5.2 | 6.5 | 8.3 | 9.9 | 9 |
| 3 | 2.4 | 5 | 5.6 | 8 | 9.7 | 9.3 |
| 4 | 2.7 | 5.4 | 6.9 | 9 | 8.9 | 9.7 |
| 5 | 2.9 | 5.3 | 6.8 | 8.6 | 9 | 9.7 |
| 6 | 4.1 | 4.9 | 7.1 | 8.9 | 9.8 | 9.2 |
| 7 | 4.2 | 5.5 | 7.4 | 9.2 | 8 | 9.5 |
| 8 | 4.3 | 5.6 | 7 | 10.1 | 6.3 | 9.3 |
| 9 | 3.6 | 5.3 | 6.7 | 9.6 | 7.3 | 9.4 |
| 10 | 4 | 5.9 | 6.7 | 9.3 | 8.7 | 10.5 |
| 11 | 4.1 | 6 | 7 | 9.4 | 9.6 | 10.3 |
| 12 | 3.9 | 3.8 | 6.6 | 8.7 | 10 | 10.9 |
| 13 | 2.9 | 4.7 | 6.9 | 9 | 9.7 | 10.6 |
| 14 | 3.2 | 4.9 | 6.8 | 9.3 | 9.7 | 10.7 |
| 15 | 3.6 | 4.9 | 6.2 | 8.9 | 9.9 | 10.8 |
| 16 | 4.1 | 5.7 | 6.8 | 8.7 | 8.7 | 10.1 |
| 17 | 3.9 | 6 | 7 | 8.9 | 9.7 | 9.8 |
| 18 | 3.9 | 3.9 | 7 | 10 | 9.3 | 8.8 |
| 19 | 3.3 | 4.7 | 7.1 | 9.6 | 9.4 | 8.1 |
| 20 | 3.7 | 6.8 | 7.6 | 9.5 | 9.2 | 7.9 |
| 21 | 4.6 | 7 | 7.9 | 9.4 | 9.2 | 8.9 |
| 22 | 5.1 | 7.1 | 8 | 9.4 | 9.3 | 8.6 |
| 23 | 4.8 | 6.9 | 7.5 | 9.2 | 9.5 | 9.3 |
| 24 | 4.6 | 7 | 7.8 | 9.3 | 9.9 | 8.9 |
| 25 | 4.4 | 6.8 | 7.3 | 8.8 | 9.8 | 8.4 |
| 26 | 4.7 | 6.6 | 7.6 | 9.6 | 9.9 | 9.2 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 27 | 4.3 | 5.1 | 8.3 | 9.5 | 9.8 | 9 |
| 28 | 4.5 | 6.2 | 7 | 8.6 | 9.1 | 9.5 |
| 29 | 4.6 | | 7.3 | 9 | 9.1 | 9.5 |
| 30 | 4.8 | | 8.2 | 10.2 | 8.7 | 9.8 |
| 31 | 5 | | 6.3 | | 9.2 | |

Tabla 3.13 Máximos índices UV meses julio – diciembre Nogales

| Día | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 9.6 | 8.8 | 7.7 | 6.2 | 3.8 | 3.6 |
| 2 | 9.7 | 9.1 | 5.8 | 6.1 | 3.8 | 3.4 |
| 3 | 8 | 8.6 | 6.2 | 6.2 | 3.7 | 3.3 |
| 4 | 9.3 | 9 | 6.9 | 6 | 3.9 | 3.3 |
| 5 | 8.8 | 9.3 | 7.1 | 6.1 | 4.3 | 3.4 |
| 6 | 8.7 | 9.2 | 6.6 | 6.2 | 4.4 | 3.4 |
| 7 | 8.6 | 9.2 | 6.3 | 5.9 | 3.8 | 3.3 |
| 8 | 7.8 | 8.5 | 6.5 | 5.7 | 4 | 3.1 |
| 9 | 8.8 | 8.1 | 7.6 | 5.8 | 4 | 3.1 |
| 10 | 8.8 | 8 | 7.5 | 5.6 | 3.9 | 3.4 |
| 11 | 9.3 | 8.7 | 7.4 | 5.5 | 4 | 3.2 |
| 12 | 8.3 | 8.3 | 7.4 | 5.9 | 4 | 3.5 |
| 13 | 9.4 | 7.8 | 7.2 | 5.4 | 3.8 | 3.5 |
| 14 | 9.4 | 8.1 | 6.7 | 5.2 | 3.9 | 3.4 |
| 15 | 9.8 | 8.9 | 6.5 | 5.1 | 3.8 | 3.4 |
| 16 | 8.1 | 8.9 | 6.7 | 5.2 | 3.9 | 3.4 |
| 17 | 7.8 | 8.4 | 6.5 | 4.7 | 3.7 | 3.5 |
| 18 | 9.7 | 8.4 | 6.8 | 4.8 | 3.6 | 3.3 |
| 19 | 9.3 | 6.9 | 6.6 | 4.6 | 3.4 | 3.1 |
| 20 | 9.2 | 8 | 6.7 | 4.6 | 3.7 | 3.2 |
| 21 | 8.4 | 8.8 | 7.2 | 4.5 | 3.2 | 3.2 |
| 22 | 7.3 | 8.5 | 7.1 | 4.5 | 3.7 | 3.1 |
| 23 | 8.2 | 5.2 | 6.6 | 4.4 | 3.7 | 2.9 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 24 | 9.7 | 8.3 | 6.5 | 4.5 | 3.6 | 3 |
| 25 | 9.1 | 8.2 | 6 | 4.3 | 3.6 | 3 |
| 26 | 9.2 | 8.1 | 5.9 | 4.2 | 3.5 | 3.2 |
| 27 | 9 | 7.2 | 6.1 | 4.1 | 3.4 | 3 |
| 28 | 9.1 | 7.8 | 6 | 4.1 | 3 | 3 |
| 29 | 8 | 7.2 | 6 | 3.9 | 2.9 | 3.4 |
| 30 | 9.1 | 7.7 | 5.9 | 3.9 | 3.6 | 3.3 |
| 31 | 8.7 | 7.7 | | 4 | | 2.9 |

La Figura 3.6 está relacionada a la Tabla 3.12 en forma gráfica, mientras que la Figura 3.7 se relaciona a la Tabla 3.13

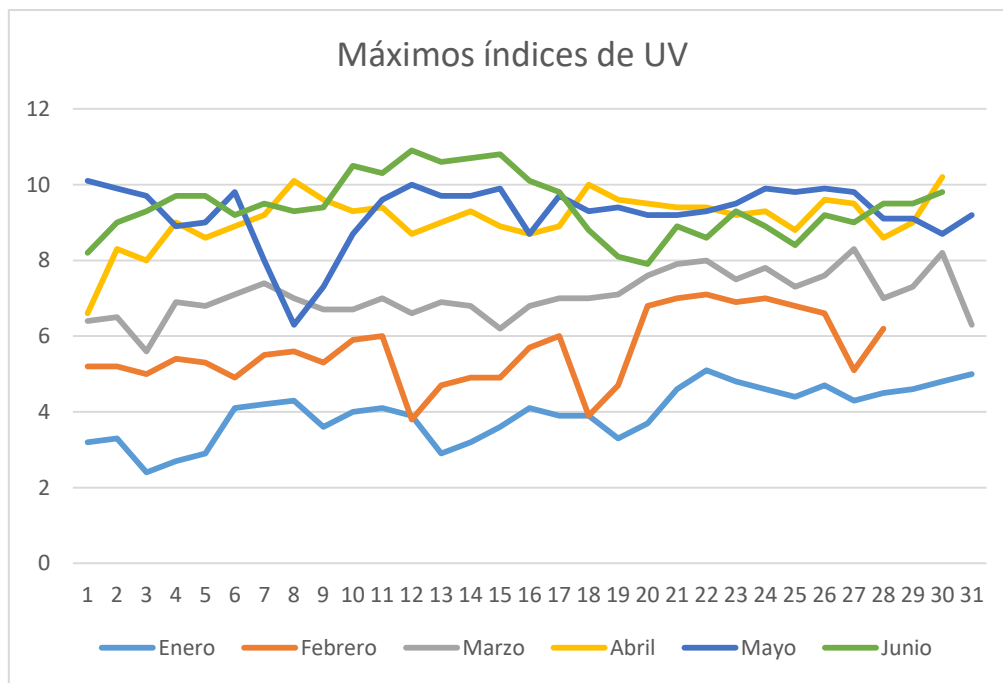


Figura 3.6 Índices máximos durante los meses de enero a junio Magdalena

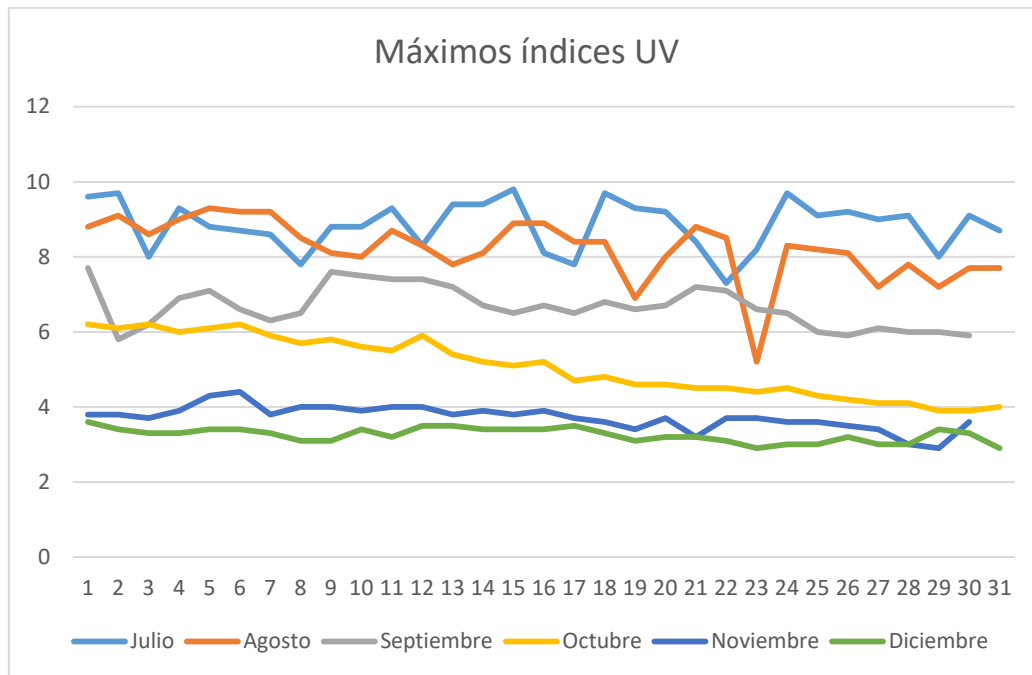


Figura 3.7 Índices máximos durante los meses de enero a junio Magdalena

3.2.2 Radiación solar

Las tablas 3.14 y 3.15 contienen los registros máximos de radiación solar de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la estación Nogales.

Tabla 3.14 Máxima radiación solar meses de enero a junio Nogales.

| Día | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 593 | 743 | 854 | 957 | 1039 | 1041 |
| 2 | 692 | 716 | 851 | 1090 | 1008 | 1010 |
| 3 | 633 | 694 | 854 | 955 | 1016 | 1027 |
| 4 | 641 | 721 | 871 | 987 | 1015 | 1107 |
| 5 | 627 | 723 | 870 | 1016 | 1027 | 1021 |
| 6 | 627 | 716 | 885 | 993 | 1013 | 1027 |
| 7 | 632 | 755 | 862 | 962 | 1047 | 1023 |
| 8 | 632 | 759 | 859 | 977 | 1086 | 1084 |
| 9 | 572 | 739 | 859 | 1045 | 1121 | 1132 |
| 10 | 574 | 730 | 861 | 991 | 1056 | 1040 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|------|------|------|------|
| 11 | 643 | 759 | 897 | 987 | 1033 | 1038 |
| 12 | 632 | 787 | 938 | 1035 | 1009 | 1100 |
| 13 | 646 | 730 | 880 | 1062 | 1015 | 1029 |
| 14 | 715 | 731 | 931 | 994 | 1014 | 1019 |
| 15 | 638 | 742 | 1009 | 1044 | 1020 | 1027 |
| 16 | 765 | 810 | 896 | 1012 | 1022 | 1038 |
| 17 | 683 | 801 | 908 | 1041 | 1028 | 1018 |
| 18 | 705 | 688 | 986 | 1002 | 1035 | 1023 |
| 19 | 667 | 859 | 977 | 1026 | 1024 | 1040 |
| 20 | 675 | 903 | 915 | 999 | 1183 | 1040 |
| 21 | 684 | 827 | 887 | 1005 | 1035 | 1045 |
| 22 | 672 | 808 | 956 | 1088 | 1020 | 1036 |
| 23 | 682 | 853 | 935 | 1031 | 1033 | 1034 |
| 24 | 711 | 831 | 927 | 1001 | 1033 | 1039 |
| 25 | 694 | 845 | 936 | 996 | 1035 | 1015 |
| 26 | 695 | 914 | 980 | 1047 | 1027 | 1002 |
| 27 | 696 | 796 | 998 | 1013 | 1036 | 1012 |
| 28 | 706 | 865 | 955 | 1009 | 1028 | 996 |
| 29 | 710 | | 960 | 1016 | 1032 | 1172 |
| 30 | 715 | | 946 | 1008 | 1032 | 1006 |
| 31 | 710 | | 1014 | | 1065 | |

Tabla 3.15 Máxima radiación solar de Julio a diciembre Nogales.

| Día | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 1070 | 1021 | 953 | 854 | 724 | 657 |
| 2 | 1005 | 1086 | 930 | 850 | 728 | 625 |
| 3 | 1025 | 1017 | 957 | 857 | 724 | 619 |
| 4 | 1048 | 987 | 998 | 884 | 707 | 629 |
| 5 | 1058 | 1015 | 967 | 885 | 708 | 645 |
| 6 | 1002 | 1020 | 986 | 840 | 705 | 686 |
| 7 | 1093 | 1030 | 966 | 965 | 702 | 630 |
| 8 | 1026 | 1039 | 973 | 837 | 696 | 608 |

| | | | | | | |
|----|------|------|------|-----|-----|-----|
| 9 | 998 | 1169 | 970 | 962 | 681 | 623 |
| 10 | 1085 | 972 | 989 | 895 | 710 | 612 |
| 11 | 1086 | 1100 | 984 | 793 | 683 | 605 |
| 12 | 1083 | 1070 | 894 | 844 | 703 | 616 |
| 13 | 1065 | 968 | 1053 | 793 | 693 | 618 |
| 14 | 1025 | 1025 | 1013 | 854 | 667 | 674 |
| 15 | 1068 | 1152 | 996 | 900 | 675 | 602 |
| 16 | 975 | 1048 | 942 | 790 | 774 | 606 |
| 17 | 1027 | 1016 | 907 | 806 | 673 | 619 |
| 18 | 1075 | 1027 | 895 | 803 | 651 | 649 |
| 19 | 1001 | 1025 | 946 | 858 | 653 | 612 |
| 20 | 1119 | 957 | 893 | 833 | 645 | 619 |
| 21 | 1075 | 971 | 893 | 791 | 641 | 614 |
| 22 | 1048 | 999 | 946 | 864 | 655 | 617 |
| 23 | 1101 | 1007 | 939 | 767 | 664 | 600 |
| 24 | 1011 | 942 | 903 | 764 | 634 | 604 |
| 25 | 1050 | 1030 | 916 | 726 | 694 | 608 |
| 26 | 976 | 1040 | 889 | 759 | 649 | 601 |
| 27 | 1014 | 986 | 991 | 754 | 621 | 609 |
| 28 | 1076 | 943 | 854 | 778 | 618 | 653 |
| 29 | 1001 | 921 | 876 | 722 | 616 | 616 |
| 30 | 1068 | 1023 | 925 | 734 | 681 | 642 |
| 31 | 1099 | 955 | | 761 | | 629 |

La Figura 3.8 son los datos en forma gráfica correspondiente a la Tabla 3.14 mientras que la Figura 3.9 está relacionada con la Tabla 3.15.

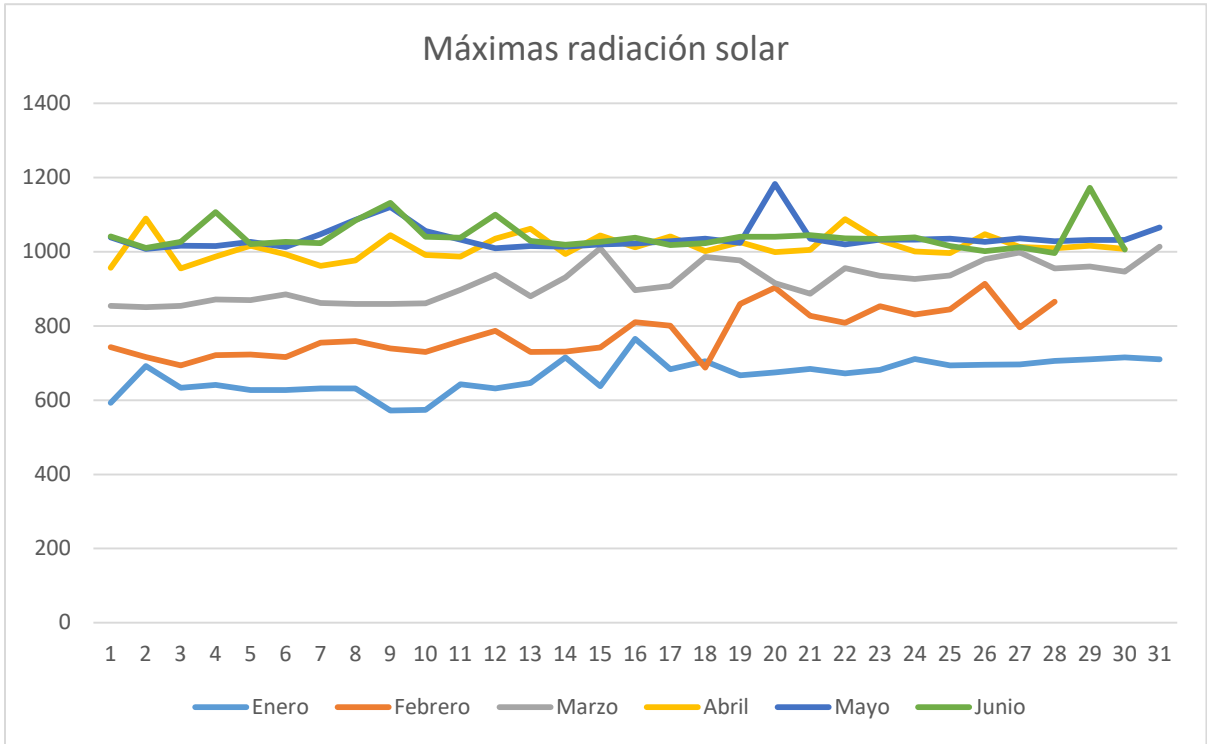


Figura 3.8 Radiación solar máxima meses de enero a junio Nogales.

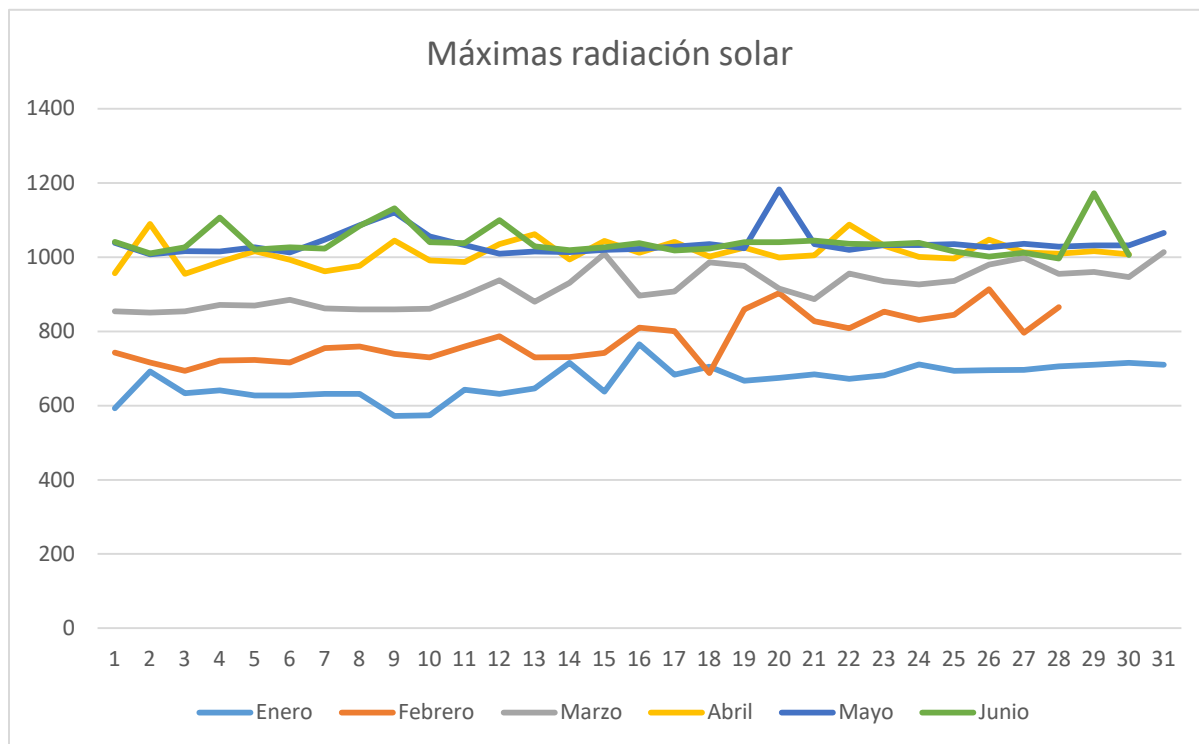


Figura 3.9 Radiación solar máxima meses de julio a diciembre Nogales.

Las tablas 3.16 y 3.17 contienen los registros máximos de radiación solar de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la estación Magdalena.

Tabla 3.16 Máxima radiación solar de enero a junio en Magdalena

| Día | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 622 | 728 | 884 | 950 | 1003 | 985 |
| 2 | 549 | 746 | 873 | 948 | 980 | 984 |
| 3 | 597 | 680 | 884 | 947 | 1001 | 998 |
| 4 | 602 | 735 | 887 | 977 | 991 | 999 |
| 5 | 638 | 736 | 890 | 958 | 991 | 984 |
| 6 | 639 | 751 | 930 | 974 | 998 | 970 |
| 7 | 649 | 736 | 872 | 973 | 1011 | 1006 |
| 8 | 632 | 749 | 865 | 968 | 980 | 1000 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|------|------|------|------|
| 9 | 628 | 729 | 866 | 977 | 1059 | 1010 |
| 10 | 716 | 743 | 848 | 976 | 1040 | 1005 |
| 11 | 657 | 749 | 989 | 983 | 1061 | 1002 |
| 12 | 652 | 774 | 887 | 956 | 988 | 1043 |
| 13 | 715 | 753 | 927 | 1002 | 1022 | 1000 |
| 14 | 627 | 746 | 929 | 980 | 1031 | 1003 |
| 15 | 660 | 774 | 899 | 977 | 994 | 1027 |
| 16 | 755 | 801 | 907 | 1014 | 1006 | 1008 |
| 17 | 675 | 845 | 919 | 1099 | 1002 | 1027 |
| 18 | 670 | 776 | 928 | 992 | 1012 | 1005 |
| 19 | 668 | 899 | 937 | 1015 | 1007 | 1005 |
| 20 | 649 | 809 | 920 | 984 | 1035 | 1001 |
| 21 | 684 | 857 | 923 | 989 | 1013 | 1003 |
| 22 | 695 | 837 | 937 | 984 | 991 | 1026 |
| 23 | 693 | 842 | 941 | 990 | 1013 | 999 |
| 24 | 838 | 861 | 951 | 995 | 1011 | 1008 |
| 25 | 719 | 855 | 954 | 977 | 1014 | 984 |
| 26 | 721 | 904 | 948 | 976 | 1004 | 959 |
| 27 | 716 | 857 | 1017 | 995 | 998 | 1075 |
| 28 | 734 | 876 | 946 | 1012 | 1013 | 958 |
| 29 | 733 | | 957 | 997 | 1001 | 985 |
| 30 | 736 | | 944 | 985 | 993 | 1011 |
| 31 | 731 | | 975 | | 1044 | |

Tabla 3.17 Máxima radiación solar de Julio a diciembre en Magdalena.

| Día | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 982 | 958 | 967 | 873 | 737 | 683 |
| 2 | 976 | 978 | 993 | 893 | 742 | 675 |
| 3 | 969 | 932 | 935 | 932 | 815 | 640 |
| 4 | 1089 | 974 | 941 | 853 | 771 | 653 |
| 5 | 1033 | 945 | 929 | 841 | 712 | 652 |
| 6 | 1036 | 1005 | 981 | 837 | 727 | 649 |

| | | | | | | |
|----|------|------|------|-----|-----|-----|
| 7 | 1018 | 985 | 902 | 871 | 651 | 655 |
| 8 | 1008 | 1021 | 931 | 826 | 762 | 645 |
| 9 | 1008 | 1020 | 1001 | 836 | 708 | 729 |
| 10 | 1058 | 1055 | 895 | 830 | 703 | 701 |
| 11 | 987 | 991 | 917 | 808 | 703 | 753 |
| 12 | 993 | 1061 | 937 | 851 | 671 | 668 |
| 13 | 988 | 1001 | 892 | 804 | 695 | 656 |
| 14 | 1017 | 981 | 974 | 834 | 690 | 648 |
| 15 | 1028 | 1013 | 976 | 795 | 740 | 640 |
| 16 | 943 | 955 | 934 | 795 | 693 | 655 |
| 17 | 982 | 959 | 926 | 775 | 699 | 666 |
| 18 | 975 | 1056 | 908 | 913 | 685 | 653 |
| 19 | 1075 | 925 | 930 | 774 | 677 | 644 |
| 20 | 1001 | 994 | 932 | 784 | 836 | 654 |
| 21 | 1027 | 1021 | 976 | 791 | 684 | 635 |
| 22 | 1034 | 975 | 917 | 779 | 730 | 688 |
| 23 | 976 | 925 | 874 | 772 | 774 | 611 |
| 24 | 1040 | 1061 | 935 | 763 | 665 | 641 |
| 25 | 993 | 938 | 923 | 773 | 657 | 650 |
| 26 | 1031 | 975 | 992 | 771 | 729 | 692 |
| 27 | 955 | 925 | 921 | 757 | 645 | 855 |
| 28 | 1010 | 925 | 884 | 744 | 631 | 677 |
| 29 | 946 | 904 | 872 | 747 | 622 | 664 |
| 30 | 1045 | 1002 | 902 | 745 | 690 | 698 |
| 31 | 1126 | 933 | | 739 | | 626 |

La Figura 3.10 muestra en forma gráfica los registros máximos de radiación solar correspondiente a la Tabla 3.16 mientras que la Figura 3.9 está relacionada con la Tabla 3.15.

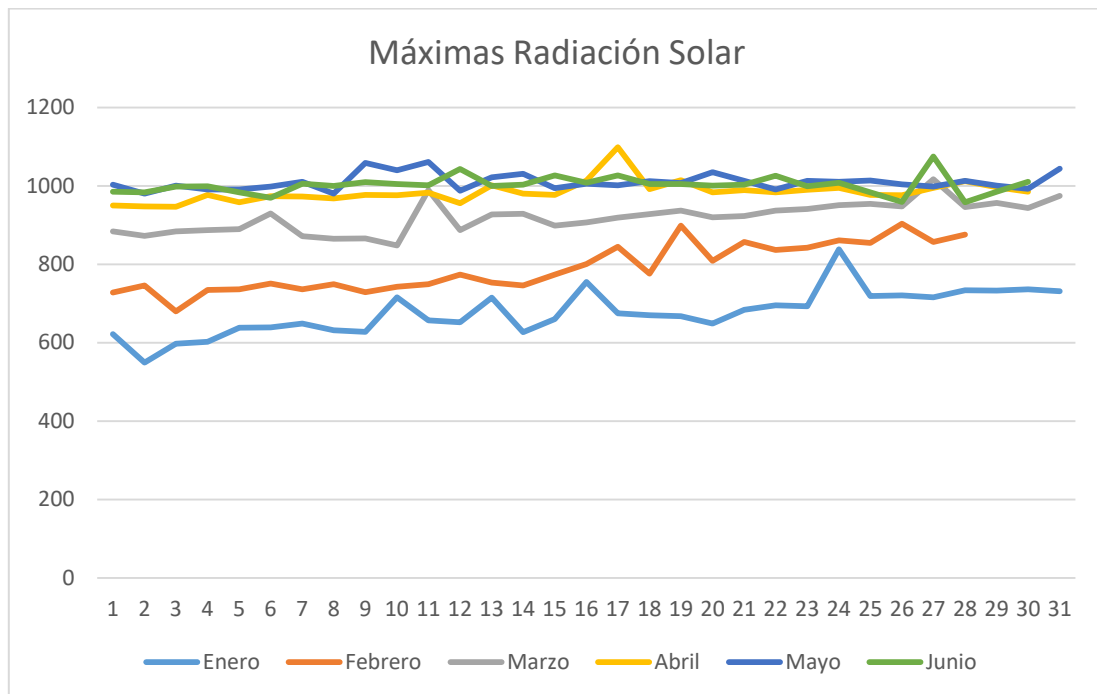


Figura 3.10 Rad. solar máxima meses de enero a junio en Magdalena

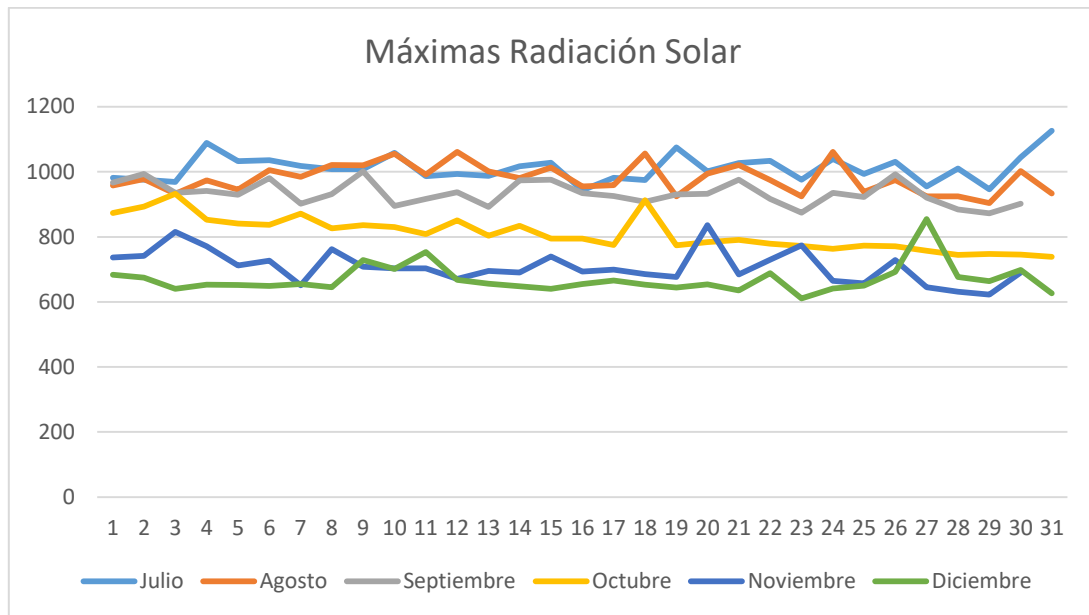


Figura 3.11 Rad. solar máxima meses de julio a diciembre en Magdalena

3.2.3 Temperatura ambiental

Las tablas 3.18 y 3.19 contienen los registros máximos y mínimos de las temperaturas en grados Celsius de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la estación Nogales.

Tabla 3.18 Máximas y mínimas temperaturas de enero a junio en Nogales.

| Día | Enero | | Febrero | | Marzo | | Abril | | Mayo | | Junio | |
|-----|-------|------|---------|------|-------|-----|-------|------|------|------|-------|------|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 24.2 | -0.4 | 24.6 | 4.7 | 25.7 | 0.6 | 25.1 | 4.5 | 28.6 | 10.2 | 32.9 | 15.4 |
| 2 | 22.5 | -1.9 | 22.5 | 5.3 | 25.4 | 3.4 | 24.8 | 5.7 | 28.9 | 8.9 | 33.9 | 15.4 |
| 3 | 20.7 | -3.2 | 22.7 | 5.3 | 27 | 7 | 24.8 | 9.2 | 31 | 6.5 | 36.1 | 15.6 |
| 4 | 21.3 | -0.3 | 25.2 | 5.1 | 27.8 | 4.8 | 26.7 | 8.8 | 34.7 | 12.6 | 35.6 | 14.6 |
| 5 | 24.1 | 4.6 | 23.4 | 6.9 | 26.6 | 4.9 | 27.6 | 7.9 | 33.4 | 13 | 38.6 | 16.8 |
| 6 | 23.9 | 4.6 | 21.6 | 1.3 | 25.2 | 7.1 | 28.3 | 9.8 | 33.9 | 12.9 | 39.6 | 17.9 |
| 7 | 22.6 | 1.7 | 22.5 | -2.1 | 26.1 | 6.2 | 29.8 | 10.6 | 32.7 | 11 | 37.1 | 17.4 |
| 8 | 25.2 | 4.3 | 26.1 | -2.2 | 28.2 | 6.3 | 30.3 | 11.2 | 32.9 | 8.9 | 36.1 | 15.9 |
| 9 | 23.7 | 7.2 | 30.4 | 4.3 | 28.4 | 1.6 | 29.7 | 10.2 | 34.1 | 6.9 | 34.4 | 17.1 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 10 | 21.1 | 5.9 | 27.8 | 6.7 | 30.2 | 8.3 | 31.7 | 8.4 | 32 | 6 | 33.4 | 19.5 |
| 11 | 19.9 | 2.9 | 26.2 | 1.2 | 27.6 | 7.6 | 29.2 | 9.3 | 29.7 | 9.3 | 35.8 | 18 |
| 12 | 21.2 | 1.2 | 26.8 | 0.3 | 27 | 3.7 | 28.9 | 5.8 | 31.3 | 12.1 | 36.8 | 19.3 |
| 13 | 22.7 | 6.5 | 26.3 | 3.8 | 29.5 | 5.1 | 28.4 | 4.7 | 31.9 | 8.6 | 37.2 | 16.3 |
| 14 | 23.8 | 5.6 | 23.5 | 5.4 | 29.4 | 1.3 | 27.1 | 6.8 | 31.2 | 12.8 | 35.8 | 17 |
| 15 | 22.4 | 3.9 | 26 | 6.7 | 28.7 | 2.7 | 28.8 | 8.8 | 30.4 | 12.4 | 36.6 | 17.9 |
| 16 | 22.2 | 4.9 | 28.7 | 5.1 | 28.2 | 5.6 | 27.6 | 11.1 | 32.6 | 11.1 | 36.2 | 15.7 |
| 17 | 20.2 | 4.5 | 26.8 | 0 | 28.6 | 7.5 | 29.3 | 8.1 | 30.4 | 8.9 | 35.9 | 15.1 |
| 18 | 22.2 | 2.5 | 24.7 | 0.5 | 29.5 | 5 | 29.2 | 6.7 | 27.3 | 8.9 | 38.9 | 16.4 |
| 19 | 21.2 | 4.8 | 24.1 | 0.8 | 30.7 | 5.7 | 31.7 | 11.8 | 29.1 | 11.3 | 41.8 | 16.9 |
| 20 | 25.4 | 5 | 25.6 | -3.6 | 29.5 | 6.2 | 29.4 | 7.9 | 30.4 | 10.6 | 41.6 | 17.6 |
| 21 | 19.1 | 1.9 | 24.4 | 1.2 | 28.3 | 7.3 | 31.4 | 10.1 | 31.6 | 6.9 | 39.6 | 17.3 |
| 22 | 23.6 | -0.9 | 25.1 | -1.7 | 28.6 | 5.7 | 31.9 | 11.9 | 33.1 | 11.7 | 37.1 | 19 |
| 23 | 23.4 | 1.3 | 17.8 | -5.4 | 24.9 | 6.6 | 30.8 | 9.6 | 33.9 | 8.3 | 37.9 | 15.7 |
| 24 | 19.1 | 1.8 | 20.9 | -2.6 | 23.4 | 5.1 | 29.8 | 9.5 | 34.3 | 8.5 | 39.9 | 16.9 |
| 25 | 20.2 | -1.4 | 25.5 | -0.3 | 26.9 | 7.1 | 30.7 | 12.4 | 31.7 | 13.4 | 37.2 | 17.9 |
| 26 | 18.7 | -0.9 | 27.3 | 1.1 | 27.9 | 8.2 | 31 | 11.6 | 30.4 | 15.4 | 37.6 | 21 |
| 27 | 22.3 | 0.1 | 25.4 | 4.8 | 26 | 4.6 | 30.3 | 13.5 | 30.8 | 12.2 | 36.6 | 20 |
| 28 | 21.8 | 0.6 | 24.7 | 1.2 | 24.9 | 4.2 | 29.2 | 13.3 | 32.7 | 11.6 | 37.2 | 22.5 |
| 29 | 23.4 | 3 | | | 24.3 | 7.2 | 26.9 | 10.7 | 33.2 | 10.6 | 37.5 | 22 |
| 30 | 24.8 | 4.9 | | | 26.9 | 8.4 | 25.2 | 7.8 | 31.7 | 12.4 | 35.6 | 18.9 |
| 31 | 24.7 | 4.4 | | | 27.3 | 7.2 | | | 32.2 | 12.8 | | |

Tabla 3.19 Temp. máximas y mínimas de julio a diciembre en Nogales.

| Día | Julio | | Agosto | | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | |
|-----|-------|------|--------|------|------------|------|---------|------|-----------|------|-----------|-----|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 36.3 | 18.8 | 35.3 | 19.4 | 33.5 | 17.6 | 30.7 | 14.4 | 26 | 5.8 | 22.4 | 1.4 |
| 2 | 34.6 | 19.2 | 34.3 | 19.9 | 33.2 | 17.6 | 29.4 | 13.6 | 27.1 | 6.9 | 22.4 | 3.5 |
| 3 | 33.9 | 20.6 | 35.7 | 20.4 | 32.6 | 16.9 | 29.8 | 14.1 | 26.2 | 7.2 | 21.9 | 2.3 |
| 4 | 36.1 | 21.3 | 36 | 19.8 | 35.3 | 18.7 | 32.3 | 16.4 | 25.3 | 8.5 | 22.2 | 2.2 |
| 5 | 37.2 | 20.4 | 37.1 | 20.2 | 34.7 | 18.9 | 33.9 | 13.3 | 26.7 | 11.3 | 19.3 | 7.1 |
| 6 | 37.9 | 19.7 | 37.8 | 20.2 | 34 | 17.1 | 31.9 | 11.4 | 26.3 | 10.9 | 23.1 | 5.4 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7 | 38.4 | 19.8 | 34.4 | 17.5 | 32.8 | 19.2 | 32.4 | 11.4 | 25.1 | 10.7 | 23.6 | 3.1 |
| 8 | 34.8 | 19.1 | 35.1 | 18 | 32.7 | 19.3 | 29 | 9.2 | 24.5 | 10.7 | 16.6 | 1.8 |
| 9 | 34.7 | 19.2 | 35.2 | 18.6 | 32.7 | 18.7 | 27.2 | 7.3 | 26.7 | 7.6 | 19.2 | 4.6 |
| 10 | 36.6 | 19.9 | 32.6 | 19.6 | 33.3 | 18.8 | 30.2 | 9.2 | 27 | 7.5 | 20.8 | 4.8 |
| 11 | 37.1 | 19.4 | 33.3 | 18.8 | 34.7 | 19.2 | 31.1 | 11.4 | 27.4 | 5.5 | 21.4 | 5.4 |
| 12 | 35.1 | 17 | 33.2 | 18.2 | 35.9 | 17.8 | 29.2 | 12.5 | 29.7 | 3.7 | 19.6 | 3.6 |
| 13 | 34.2 | 18 | 34.8 | 18.9 | 34.4 | 20.1 | 30 | 11.6 | 29.7 | 2.9 | 24 | 3.6 |
| 14 | 35.8 | 18.7 | 37.4 | 19.2 | 36.2 | 19.8 | 30.9 | 11.6 | 29.9 | 4.5 | 21.3 | 1 |
| 15 | 37.4 | 19.2 | 36.6 | 19.8 | 33.3 | 18.7 | 31.8 | 11.3 | 29.1 | 3.7 | 17.3 | 6.2 |
| 16 | 35.1 | 18.2 | 33.9 | 18 | 33.4 | 17.6 | 31.5 | 9.7 | 28.7 | 3.7 | 15.6 | 1.8 |
| 17 | 34.2 | 18.6 | 32.4 | 18.3 | 34.7 | 16.1 | 31.7 | 8.8 | 25.5 | 4.4 | 16.9 | 0.2 |
| 18 | 32.7 | 19.1 | 33.7 | 17.9 | 31.8 | 17.3 | 30.4 | 10.4 | 27.2 | 6.1 | 15.8 | 3 |
| 19 | 33.3 | 18.5 | 36.5 | 19 | 30.2 | 18.5 | 30.4 | 10.4 | 24 | 4.3 | 19.1 | 0.6 |
| 20 | 34.6 | 19.6 | 38.7 | 19.4 | 30 | 17.2 | 28.1 | 11.7 | 24.1 | 7.1 | 24.7 | 2.4 |
| 21 | 33.6 | 19.5 | 36.4 | 19.2 | 30 | 17.9 | 26.6 | 8.9 | 24.3 | 5.8 | 23.2 | 0.9 |
| 22 | 35.2 | 19.9 | 33.9 | 19.4 | 30.9 | 17.7 | 29.8 | 10.7 | 26.3 | 5.9 | 22 | -1.7 |
| 23 | 39 | 19.2 | 31.5 | 17.1 | 29 | 15.3 | 34.1 | 10.2 | 29.1 | 5.9 | 23.3 | 1 |
| 24 | 39.2 | 19.8 | 32.2 | 18.1 | 29.2 | 13.5 | 31.7 | 8.6 | 29.1 | 5.8 | 24.2 | 4.9 |
| 25 | 38.9 | 19.3 | 34.4 | 17.9 | 29.2 | 13 | 31.7 | 11.2 | 28.2 | 4.6 | 23.9 | 3.4 |
| 26 | 35.3 | 21 | 34.8 | 19.6 | 31.3 | 11.5 | 28.7 | 8.3 | 32 | 5.1 | 22 | 2.6 |
| 27 | 35.6 | 19.7 | 35.4 | 19.7 | 33.4 | 12.9 | 29.2 | 10.9 | 28.5 | 5.2 | 20.9 | 1 |
| 28 | 34.2 | 19.1 | 32.8 | 19.6 | 32.2 | 13.2 | 29.6 | 10.5 | 23.7 | 6.2 | 25 | 0.1 |
| 29 | 31.1 | 18.3 | 33.4 | 18.5 | 32.3 | 15.1 | 27.8 | 8.7 | 25.3 | 4.1 | 25.1 | -3.5 |
| 30 | 34 | 20.1 | 33.1 | 19.1 | 31.1 | 12.7 | 24.3 | 7.1 | 23.3 | 3.4 | 25.3 | -1.1 |
| 31 | 32.8 | 19.3 | 33.6 | 19.5 | | | 23.4 | 7.6 | | | 22.7 | 1.9 |

Las figuras 3.12, 3.13, 3.14 y 3.15 son cuatro gráficas en las que dividen al año en períodos de tres meses para mostrar las temperaturas máximas y mínimas registradas en los años del 2016 al 2019.

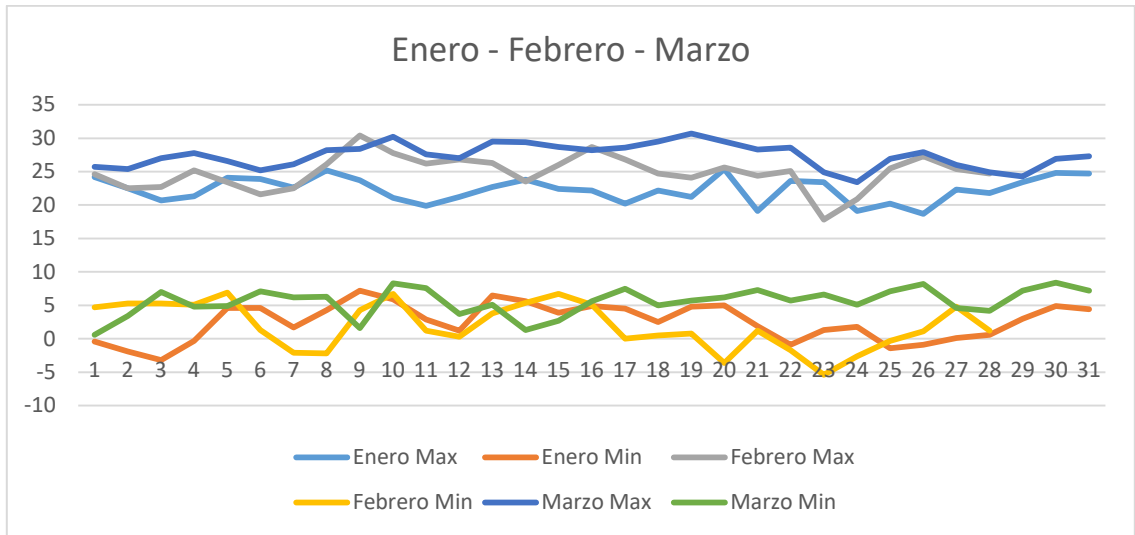


Figura 3.12 Temp. máximas y mínimas de enero a marzo en Nogales

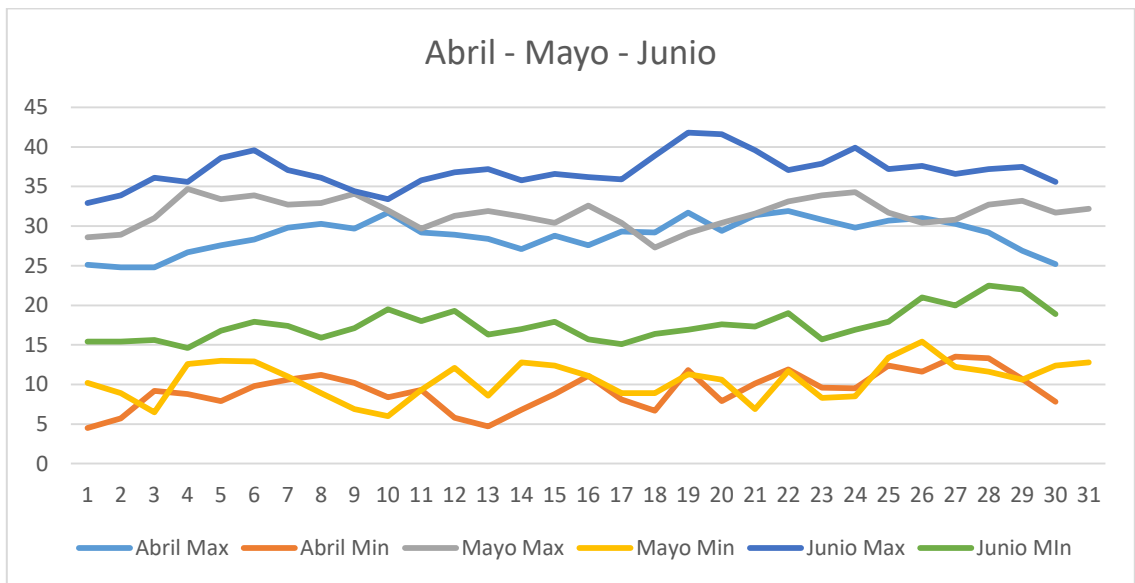


Figura 3.13 Temp. máximas y mínimas de abril a junio en Nogales

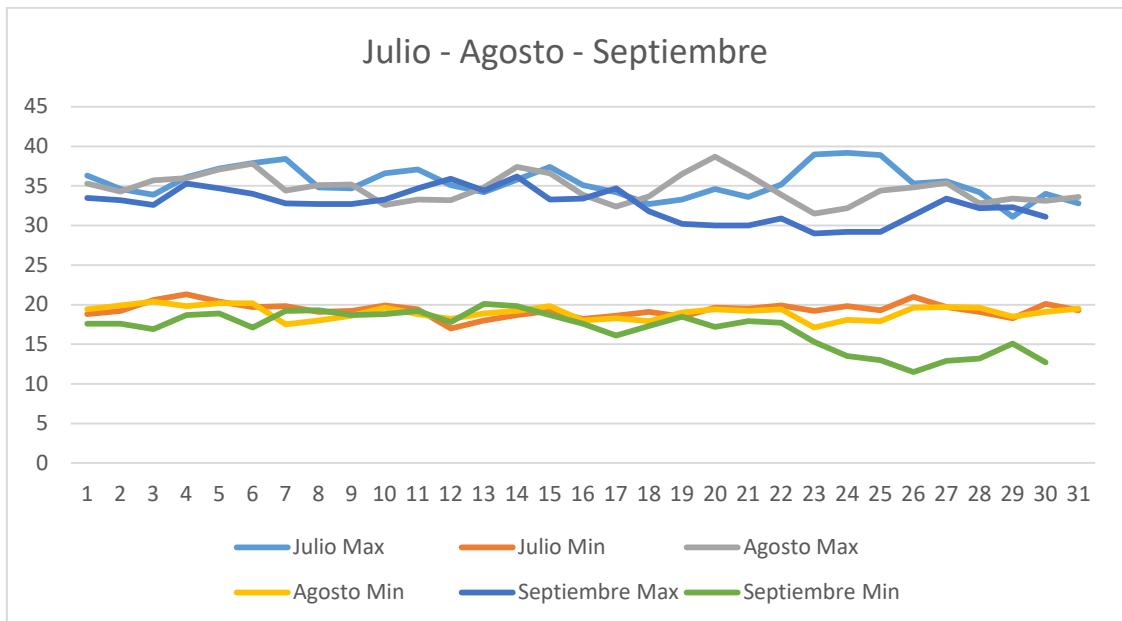


Figura 3.14 Temp. máximas y mínimas de julio a septiembre en Nogales

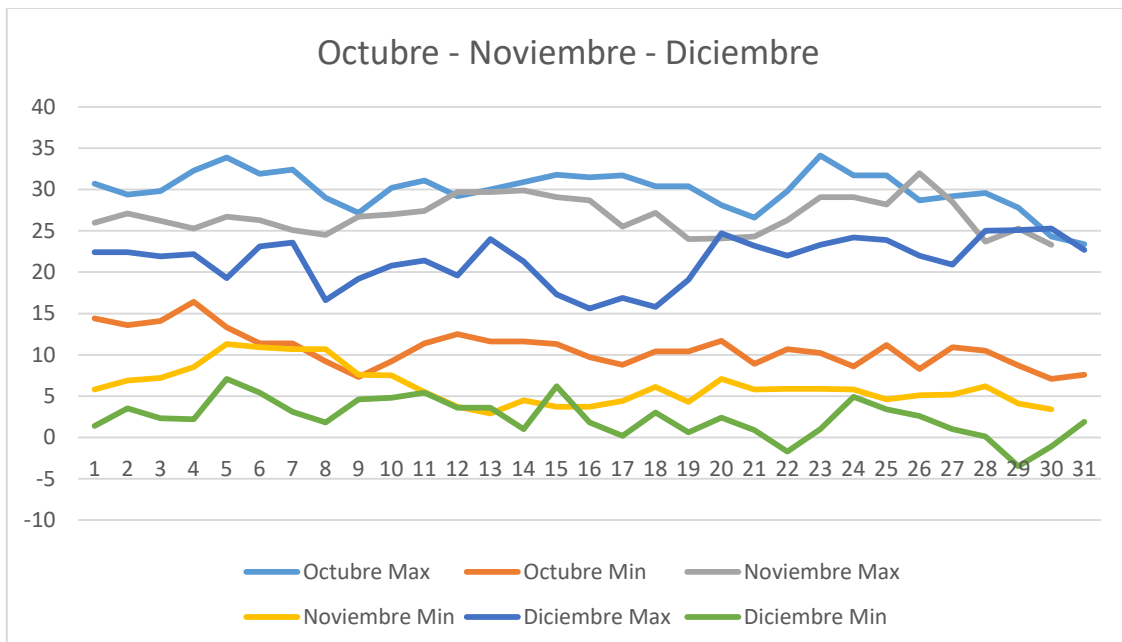


Figura 3.15 Temp. máximas y mínimas de octubre a diciembre en Nogales

Las tablas 3.20 y 3.21 contienen los registros de las temperaturas máximas y mínimas en grados Celsius de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la estación Magdalena.

Tabla 3.20 Temperatura de enero a junio en Magdalena.

| Día | Enero | | Febrero | | Marzo | | Abril | | Mayo | | Junio | |
|-----|-------|------|---------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 28 | 4.7 | 25.3 | 4.2 | 23.6 | 4.5 | 21.7 | 5.1 | 31.7 | 9.8 | 31.2 | 16.8 |
| 2 | 17.3 | 2.2 | 25.5 | 4.3 | 27.5 | 7.4 | 24.4 | 8.2 | 32.4 | 11.9 | 35.6 | 17.3 |
| 3 | 19.1 | 4.2 | 24.9 | 3.7 | 25.9 | 11.6 | 26.5 | 8.2 | 34.8 | 12.9 | 37.1 | 17.5 |
| 4 | 22.3 | 7.7 | 26.4 | 5.3 | 25.7 | 7.9 | 26.7 | 6.5 | 38.2 | 16 | 38.1 | 18.6 |
| 5 | 22 | 5.4 | 25.8 | 6.2 | 25.1 | 10.2 | 30.6 | 9.8 | 36.4 | 16.8 | 37.8 | 19.4 |
| 6 | 19.8 | 6 | 22.4 | 6.7 | 22.8 | 7.7 | 31.8 | 10.6 | 31.7 | 18.2 | 38.7 | 21 |
| 7 | 25.4 | 3.9 | 23.2 | 5.2 | 29.6 | 5.2 | 32 | 9.9 | 24 | 13.8 | 39.7 | 21.6 |
| 8 | 30.4 | 8.2 | 29.2 | 7.6 | 31.1 | 7.1 | 32.8 | 10.2 | 19.8 | 10.9 | 38.2 | 21.9 |
| 9 | 27.2 | 8.9 | 31.9 | 8.1 | 31.6 | 8.2 | 28.2 | 8.4 | 17.5 | 9.5 | 37.7 | 20.7 |
| 10 | 25.6 | 8.1 | 31.2 | 9.2 | 34.6 | 11.1 | 29.3 | 7.8 | 23.1 | 7.1 | 35.9 | 16.2 |
| 11 | 22 | 4.1 | 28.3 | 9.2 | 31.8 | 12.2 | 32.3 | 8.2 | 31.4 | 10.6 | 34.3 | 15.8 |
| 12 | 23 | 2.9 | 24.5 | 10.4 | 30.6 | 10.4 | 32 | 10.2 | 35.6 | 14.4 | 34.1 | 15.3 |
| 13 | 20.4 | 5.2 | 18.3 | 10.2 | 32.1 | 8.8 | 32.5 | 10.9 | 33.7 | 15.2 | 36.2 | 17.3 |
| 14 | 17.7 | 7.6 | 20.6 | 8.2 | 33.8 | 10.4 | 31.4 | 12.8 | 30.3 | 14.5 | 39.1 | 14.9 |
| 15 | 11.7 | 6.3 | 22.5 | 11.3 | 32.8 | 11.2 | 30.9 | 9.6 | 27.8 | 11.8 | 39.9 | 17.3 |
| 16 | 16.3 | 5.7 | 23.1 | 8.2 | 32.9 | 11.6 | 31.2 | 11.1 | 23.4 | 12.9 | 39.7 | 17.8 |
| 17 | 18.1 | 4.2 | 20.3 | 8.8 | 32.4 | 11.6 | 32.6 | 12.1 | 29.8 | 9.1 | 39.5 | 18.5 |
| 18 | 18.3 | 4.2 | 17.3 | 8 | 34 | 11.4 | 33.9 | 11 | 28.8 | 11.6 | 41.8 | 19.2 |
| 19 | 17.3 | 2.8 | 15 | 8.7 | 35 | 12.6 | 33.3 | 13.4 | 29.8 | 13.3 | 43.9 | 20.4 |
| 20 | 13.3 | 8.1 | 20.9 | 7.7 | 33.7 | 14.4 | 32.8 | 12.6 | 33.8 | 12.4 | 42.4 | 24.1 |
| 21 | 13.7 | 4.4 | 27.6 | 7.4 | 32.2 | 12.1 | 34.4 | 10.4 | 35.7 | 14.1 | 43.2 | 27.6 |
| 22 | 20 | 2.3 | 28.1 | 8.7 | 29.7 | 10.1 | 34.9 | 12.9 | 36.6 | 16.7 | 38.1 | 26.4 |
| 23 | 20.8 | 3.3 | 19.8 | 6.4 | 20 | 12.9 | 35.3 | 13.1 | 37.6 | 16.1 | 40.1 | 25.3 |
| 24 | 13.6 | 5.9 | 19.1 | 2.3 | 26.9 | 5.3 | 32.2 | 11.3 | 37.8 | 16.9 | 43.6 | 25.7 |
| 25 | 14.8 | 0.7 | 21.1 | 1.5 | 27.6 | 6.3 | 27.7 | 17.1 | 34.4 | 18.9 | 40.9 | 23.8 |
| 26 | 17.7 | -0.3 | 20.8 | 6.4 | 26.3 | 7.7 | 29.9 | 10.8 | 33.6 | 20.4 | 39.8 | 24.2 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 27 | 16.1 | 0.8 | 21.2 | 4.4 | 26.6 | 8.9 | 31.3 | 14.3 | 34.3 | 14.9 | 39.8 | 24.2 |
| 28 | 19.7 | 7.2 | 19.4 | 8.4 | 22.8 | 8.4 | 27.3 | 18.1 | 36 | 15.8 | 38.1 | 25 |
| 29 | 24.9 | 10.9 | | | 26.5 | 6.4 | 25.2 | 13.8 | 36.6 | 15.8 | 38.2 | 25.3 |
| 30 | 25.8 | 6.4 | | | 29.6 | 6.4 | 29.1 | 10.9 | 34 | 17.3 | 39.6 | 19.2 |
| 31 | 24.8 | 3.9 | | | 19.9 | 13.4 | | | 33.7 | 17 | | |

Tabla 3.21 Máxima temperatura de julio a diciembre en Magdalena.

| Día | Julio | | Agosto | | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | |
|-----|-------|------|--------|------|------------|------|---------|------|-----------|------|-----------|------|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 39.6 | 19.9 | 34.4 | 23.2 | 39.4 | 19.8 | 34.9 | 15.6 | 27.2 | 10.3 | 28.7 | 14.5 |
| 2 | 37.9 | 22.9 | 35 | 22.9 | 31.7 | 24.3 | 33.2 | 14.1 | 27.2 | 9.9 | 25.1 | 12 |
| 3 | 33.9 | 23.2 | 33.9 | 22.6 | 34.8 | 23.4 | 34.6 | 14.7 | 29.6 | 11.5 | 26.8 | 9.1 |
| 4 | 37.7 | 25.3 | 34.7 | 23.1 | 37.5 | 19.8 | 35.7 | 18.5 | 22.2 | 14.4 | 24.7 | 8.4 |
| 5 | 38.3 | 24.2 | 34.4 | 22.6 | 39.8 | 21.2 | 37 | 20.1 | 28 | 12.2 | 20.1 | 11.6 |
| 6 | 41.6 | 25.8 | 34.6 | 23.6 | 39.3 | 21.4 | 35.7 | 18 | 30.5 | 11.2 | 20.7 | 10.4 |
| 7 | 43.1 | 24.8 | 36.9 | 20.6 | 37.7 | 22.4 | 35.9 | 12.7 | 29.8 | 14.3 | 17.1 | 6.5 |
| 8 | 36.7 | 25.4 | 39 | 23.1 | 32.9 | 19.2 | 32.8 | 10.7 | 28.2 | 13.1 | 18.3 | 4.7 |
| 9 | 36.2 | 24.2 | 37.2 | 23.4 | 33.4 | 20.3 | 31.2 | 15 | 30.6 | 13.2 | 25.2 | 5.9 |
| 10 | 37.4 | 21.5 | 35.5 | 23.9 | 37.2 | 21 | 34.7 | 16 | 31 | 10.8 | 24.8 | 14.6 |
| 11 | 35.4 | 22.9 | 38.7 | 21.9 | 38.6 | 23.1 | 35.1 | 18.8 | 29.7 | 11.2 | 26.8 | 8.4 |
| 12 | 31.9 | 21.7 | 36.1 | 23.1 | 37.8 | 21.8 | 34 | 18.1 | 32.9 | 10.7 | 26.4 | 6.3 |
| 13 | 35.1 | 20.9 | 35.5 | 22.4 | 37.7 | 22.4 | 34.1 | 17.7 | 34.1 | 10.6 | 26 | 7.8 |
| 14 | 35.6 | 21.9 | 34.9 | 22.2 | 34.9 | 21.1 | 34.7 | 18.9 | 34.1 | 10.8 | 22 | 6.4 |
| 15 | 32.6 | 22.7 | 34.9 | 21.9 | 33.3 | 19.5 | 36.8 | 17.3 | 32.7 | 9.9 | 22.4 | 8.7 |
| 16 | 31.3 | 22.2 | 35.7 | 18 | 33.3 | 19.5 | 35.9 | 23.8 | 31.9 | 9.4 | 18.5 | 2.3 |
| 17 | 31.4 | 22.3 | 36.5 | 18.9 | 34.6 | 20.2 | 36.2 | 21.9 | 29.1 | 9.1 | 15.3 | 6.4 |
| 18 | 34.1 | 21.4 | 37.6 | 19.4 | 35 | 19.2 | 35.5 | 18.4 | 28.6 | 10.2 | 17.2 | 5.3 |
| 19 | 32.7 | 21.3 | 33.1 | 24.5 | 33.9 | 22.3 | 33.8 | 16 | 29.1 | 10.2 | 19.8 | 3.9 |
| 20 | 33.3 | 22.3 | 33.9 | 21.6 | 33.9 | 23.3 | 31.6 | 15.3 | 27.9 | 8.2 | 22.5 | 3.6 |
| 21 | 32.4 | 22.1 | 36.3 | 22.2 | 34.6 | 19.6 | 29.6 | 13.5 | 28.1 | 8.1 | 16.8 | 0.4 |
| 22 | 29.4 | 22.8 | 37.7 | 22.6 | 32.2 | 18.2 | 34.7 | 13.6 | 33.1 | 12.9 | 16.1 | -0.4 |
| 23 | 30.9 | 21.6 | 30 | 24.1 | 29.7 | 14.8 | 38.1 | 13.5 | 33.9 | 10.3 | 23.8 | 1.5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 24 | 32.2 | 21.7 | 36.3 | 23 | 29.7 | 13.7 | 38.7 | 14.9 | 31.8 | 8.4 | 27.9 | 3.2 |
| 25 | 34.8 | 22.6 | 38.9 | 20.9 | 30.1 | 12.4 | 35.7 | 15.2 | 32.4 | 9.1 | 27.8 | 4.3 |
| 26 | 35.8 | 23.2 | 37.7 | 21.6 | 30.2 | 11.1 | 33.3 | 12.2 | 35.7 | 9.7 | 25.2 | 3.3 |
| 27 | 36.3 | 20.4 | 38.9 | 22.5 | 30.7 | 12.6 | 32.2 | 11.9 | 32.2 | 9.5 | 26.8 | 8.8 |
| 28 | 31.2 | 20.5 | 38.8 | 22.3 | 33.2 | 12.7 | 34.9 | 11.5 | 26.9 | 8.9 | 29.8 | 8.2 |
| 29 | 29.1 | 22 | 38.6 | 24.2 | 35.2 | 15.1 | 31.7 | 12.3 | 28.6 | 11.4 | 31.1 | 7.4 |
| 30 | 32.1 | 22.3 | 38.8 | 23.1 | 36.2 | 17.4 | 28.6 | 10.9 | 29.7 | 11.4 | 30.7 | 5.9 |
| 31 | 35.2 | 22.5 | 38.8 | 22 | | | 27.3 | 12.2 | | | 26.2 | 7.3 |

Las figuras 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 son cuatro gráficas, las cuales en períodos de tres meses muestran las temperaturas máximas y mínimas registradas en los años del 2016 al 2019.

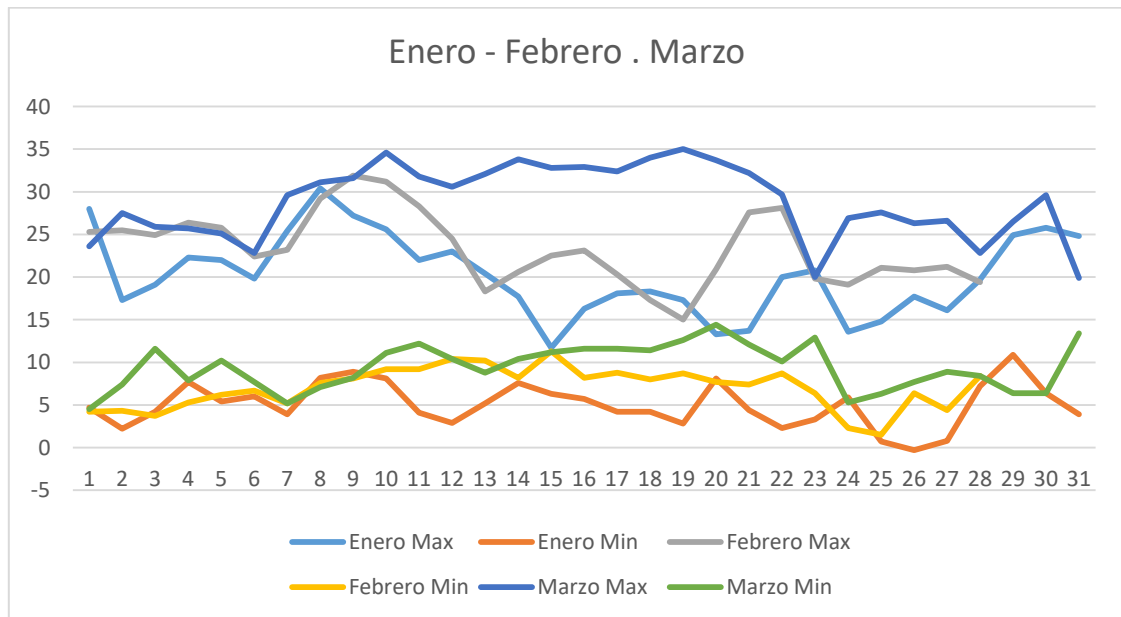


Figura 3.16 Temp. máximas y mínimas de enero a marzo en Magdalena

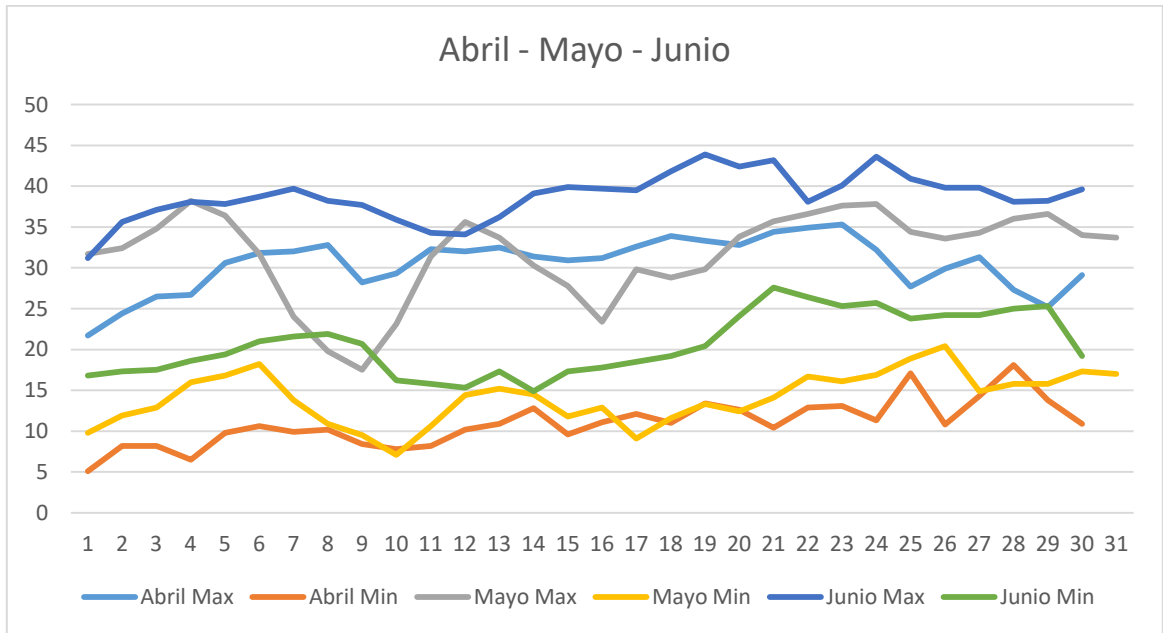


Figura 3.17 Temp. máximas y mínimas de abril a junio en Magdalena

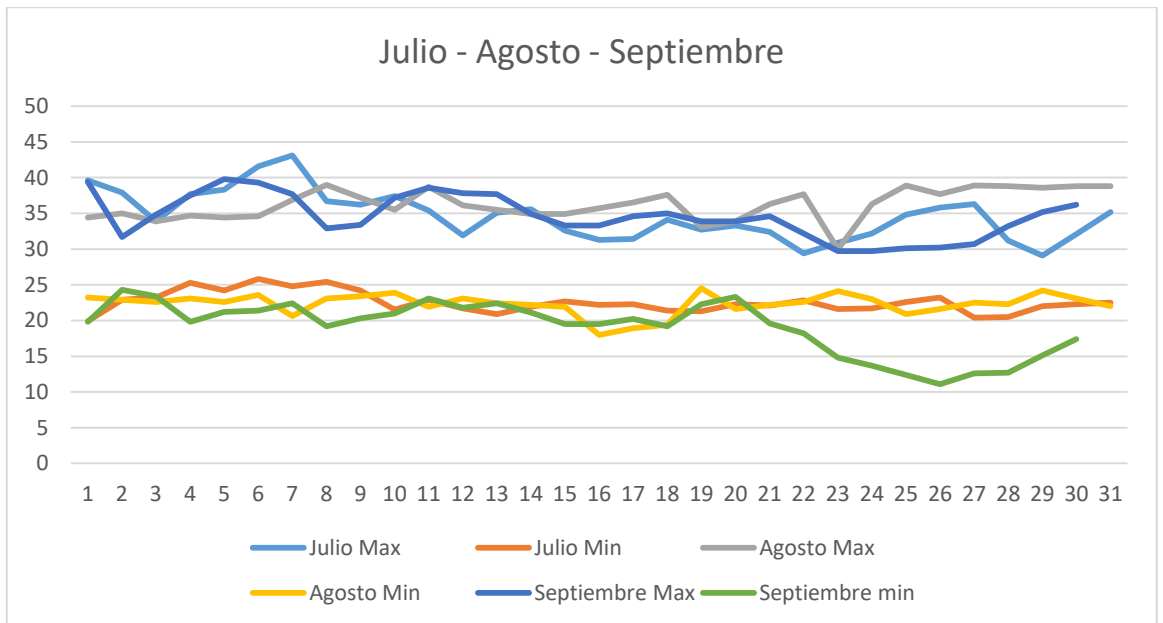


Figura 3.18 Temp. máximas y mínimas de julio a septiembre en Magdalena

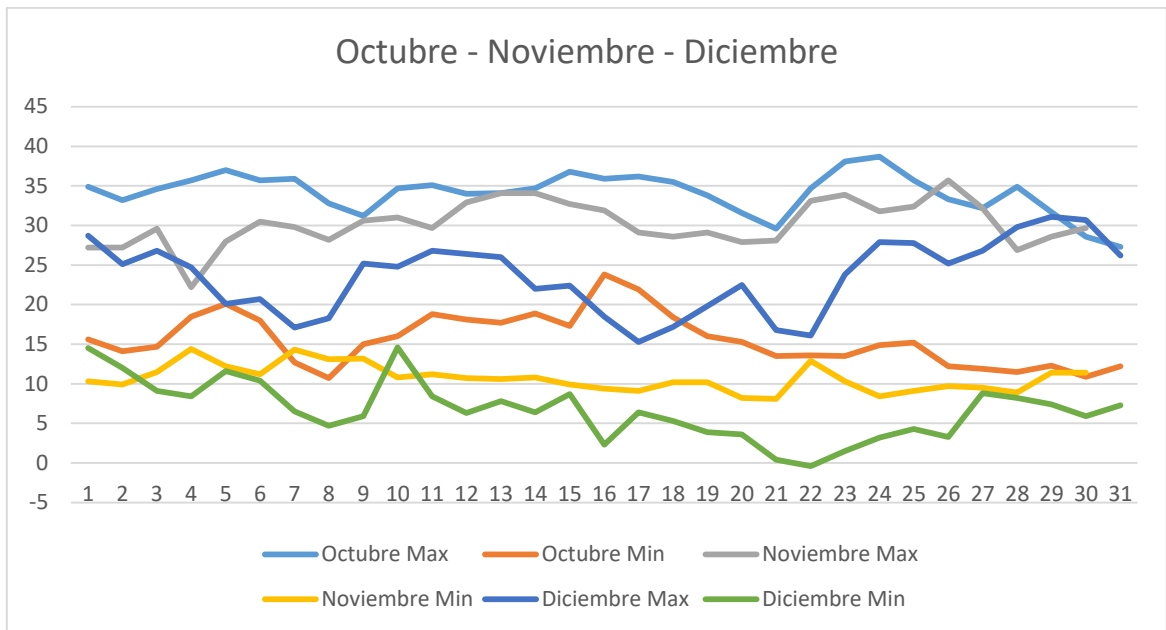


Figura 3.19 Temp. máximas y mínimas de octubre a diciembre en Mag.

3.2.4 Humedad ambiental

La presencia del vapor de agua en el ambiente varía de 0 a 100 y las tablas 3.22 y 3.23 contienen los valores máximos y mínimos registrados en la ciudad de Nogales durante los años del 2016 al 2019.

Tabla 3.22 Humedad máximas y mínimas de enero a junio en Nogales.

| Día | Enero | | Febrero | | Marzo | | Abril | | Mayo | | Junio | |
|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 95 | 11 | 88 | 7 | 85 | 15 | 90 | 9 | 67 | 6 | 55 | 3 |
| 2 | 95 | 12 | 80 | 14 | 71 | 13 | 87 | 9 | 73 | 6 | 83 | 3 |
| 3 | 93 | 16 | 93 | 13 | 86 | 11 | 54 | 12 | 63 | 8 | 63 | 1 |
| 4 | 91 | 9 | 94 | 10 | 80 | 13 | 56 | 9 | 47 | 7 | 60 | 8 |
| 5 | 94 | 11 | 91 | 13 | 71 | 10 | 64 | 9 | 39 | 7 | 58 | 11 |
| 6 | 94 | 13 | 90 | 12 | 77 | 8 | 71 | 9 | 53 | 12 | 50 | 11 |
| 7 | 97 | 14 | 76 | 13 | 79 | 6 | 86 | 6 | 69 | 8 | 60 | 13 |
| 8 | 91 | 15 | 83 | 5 | 90 | 8 | 89 | 8 | 84 | 7 | 69 | 8 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 90 | 21 | 75 | 9 | 77 | 12 | 83 | 9 | 91 | 7 | 76 | 9 |
| 10 | 94 | 18 | 82 | 11 | 70 | 9 | 87 | 3 | 95 | 8 | 84 | 3 |
| 11 | 97 | 16 | 75 | 12 | 86 | 14 | 90 | 5 | 73 | 14 | 81 | 4 |
| 12 | 91 | 11 | 72 | 8 | 93 | 9 | 90 | 8 | 81 | 12 | 55 | 5 |
| 13 | 94 | 14 | 81 | 9 | 91 | 7 | 92 | 4 | 81 | 8 | 49 | 3 |
| 14 | 92 | 13 | 96 | 10 | 88 | 9 | 68 | 6 | 68 | 13 | 62 | 1 |
| 15 | 95 | 12 | 96 | 15 | 84 | 7 | 46 | 3 | 57 | 11 | 93 | 0 |
| 16 | 94 | 16 | 98 | 15 | 69 | 13 | 71 | 4 | 62 | 5 | 95 | 1 |
| 17 | 96 | 17 | 98 | 15 | 77 | 11 | 87 | 7 | 72 | 4 | 80 | 3 |
| 18 | 95 | 13 | 94 | 18 | 76 | 10 | 76 | 6 | 67 | 7 | 68 | 4 |
| 19 | 88 | 13 | 94 | 18 | 69 | 10 | 43 | 5 | 57 | 4 | 46 | 4 |
| 20 | 93 | 10 | 96 | 14 | 67 | 10 | 52 | 6 | 73 | 4 | 42 | 6 |
| 21 | 92 | 14 | 91 | 20 | 66 | 10 | 39 | 4 | 71 | 6 | 55 | 7 |
| 22 | 91 | 11 | 96 | 15 | 69 | 10 | 53 | 5 | 57 | 7 | 55 | 8 |
| 23 | 83 | 8 | 95 | 14 | 79 | 12 | 63 | 5 | 81 | 6 | 68 | 8 |
| 24 | 93 | 11 | 86 | 15 | 79 | 12 | 64 | 6 | 49 | 6 | 73 | 7 |
| 25 | 89 | 8 | 85 | 7 | 74 | 7 | 58 | 6 | 44 | 9 | 73 | 10 |
| 26 | 74 | 10 | 78 | 7 | 53 | 10 | 61 | 11 | 45 | 8 | 67 | 10 |
| 27 | 70 | 9 | 74 | 14 | 60 | 13 | 50 | 9 | 45 | 4 | 66 | 12 |
| 28 | 51 | 9 | 92 | 13 | 82 | 10 | 55 | 9 | 51 | 4 | 67 | 15 |
| 29 | 53 | 9 | 38 | 16 | 66 | 7 | 63 | 7 | 61 | 5 | 90 | 8 |
| 30 | 56 | 9 | | | 75 | 8 | 79 | 6 | 60 | 7 | 92 | 2 |
| 31 | 68 | 4 | | | 74 | 8 | | | 44 | 3 | | |

Tabla 3.23 Humedad máximas y mínimas de julio a diciembre en Nogales.

| Día | Julio | | Agosto | | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | |
|-----|-------|-----|--------|-----|------------|-----|---------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 89 | 4 | 94 | 27 | 84 | 14 | 94 | 13 | 83 | 15 | 94 | 16 |
| 2 | 62 | 15 | 93 | 32 | 89 | 24 | 53 | 9 | 74 | 12 | 91 | 15 |
| 3 | 68 | 16 | 92 | 24 | 87 | 20 | 89 | 19 | 86 | 14 | 86 | 26 |
| 4 | 62 | 15 | 92 | 25 | 84 | 18 | 86 | 19 | 76 | 21 | 81 | 9 |
| 5 | 82 | 16 | 88 | 23 | 81 | 15 | 75 | 12 | 83 | 24 | 85 | 25 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6 | 87 | 13 | 93 | 20 | 87 | 17 | 80 | 12 | 74 | 21 | 93 | 21 |
| 7 | 84 | 12 | 92 | 29 | 94 | 24 | 80 | 3 | 86 | 14 | 97 | 17 |
| 8 | 81 | 10 | 92 | 26 | 93 | 27 | 85 | 11 | 94 | 20 | 95 | 17 |
| 9 | 86 | 16 | 94 | 31 | 92 | 28 | 81 | 22 | 77 | 21 | 96 | 13 |
| 10 | 87 | 13 | 92 | 37 | 86 | 20 | 70 | 18 | 77 | 20 | 96 | 14 |
| 11 | 90 | 14 | 94 | 28 | 88 | 19 | 88 | 21 | 69 | 16 | 84 | 13 |
| 12 | 95 | 20 | 88 | 24 | 88 | 18 | 95 | 14 | 73 | 14 | 85 | 19 |
| 13 | 95 | 28 | 89 | 16 | 86 | 18 | 94 | 16 | 73 | 10 | 86 | 16 |
| 14 | 93 | 23 | 91 | 17 | 88 | 16 | 93 | 16 | 66 | 9 | 77 | 10 |
| 15 | 93 | 21 | 91 | 13 | 91 | 19 | 92 | 17 | 57 | 8 | 71 | 9 |
| 16 | 93 | 25 | 86 | 26 | 92 | 23 | 93 | 19 | 54 | 9 | 90 | 20 |
| 17 | 96 | 29 | 89 | 11 | 92 | 22 | 78 | 15 | 61 | 13 | 94 | 20 |
| 18 | 94 | 35 | 91 | 18 | 84 | 25 | 82 | 18 | 59 | 13 | 94 | 23 |
| 19 | 96 | 35 | 93 | 21 | 95 | 26 | 88 | 16 | 92 | 11 | 93 | 20 |
| 20 | 94 | 23 | 90 | 15 | 96 | 32 | 81 | 13 | 91 | 15 | 86 | 11 |
| 21 | 95 | 28 | 89 | 26 | 95 | 20 | 85 | 11 | 92 | 12 | 94 | 10 |
| 22 | 96 | 22 | 92 | 26 | 91 | 28 | 92 | 11 | 95 | 12 | 94 | 11 |
| 23 | 96 | 18 | 95 | 33 | 91 | 24 | 95 | 6 | 92 | 12 | 97 | 10 |
| 24 | 96 | 16 | 92 | 25 | 96 | 22 | 96 | 9 | 87 | 11 | 95 | 6 |
| 25 | 94 | 19 | 92 | 28 | 96 | 18 | 92 | 9 | 73 | 13 | 95 | 6 |
| 26 | 83 | 29 | 88 | 31 | 94 | 16 | 89 | 10 | 87 | 9 | 94 | 7 |
| 27 | 93 | 26 | 86 | 24 | 94 | 18 | 82 | 10 | 95 | 10 | 95 | 13 |
| 28 | 95 | 28 | 92 | 23 | 93 | 14 | 81 | 11 | 96 | 17 | 93 | 13 |
| 29 | 95 | 35 | 92 | 23 | 83 | 22 | 66 | 14 | 92 | 18 | 90 | 10 |
| 30 | 96 | 35 | 75 | 17 | 86 | 12 | 75 | 10 | 92 | 15 | 87 | 12 |
| 31 | 96 | 36 | 88 | 12 | | | 87 | 14 | | | 94 | 9 |

Otra forma de ver los datos de las tablas 3.22 y 3.23 es las gráficas de las figuras 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23

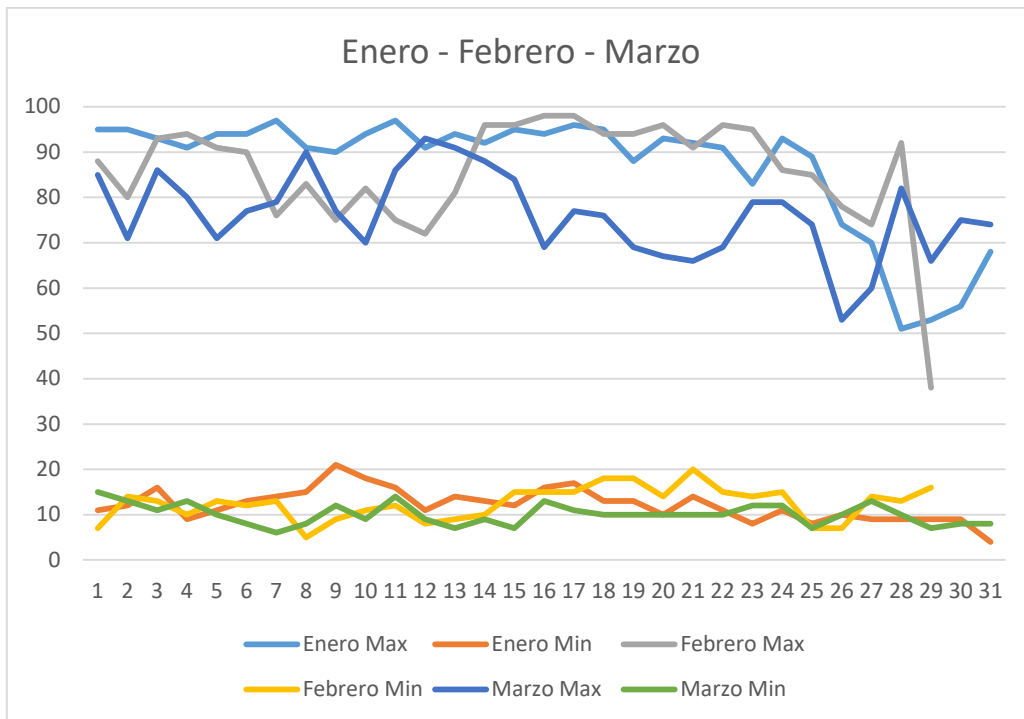


Figura 3.20 Humedad de enero a junio en Nogales

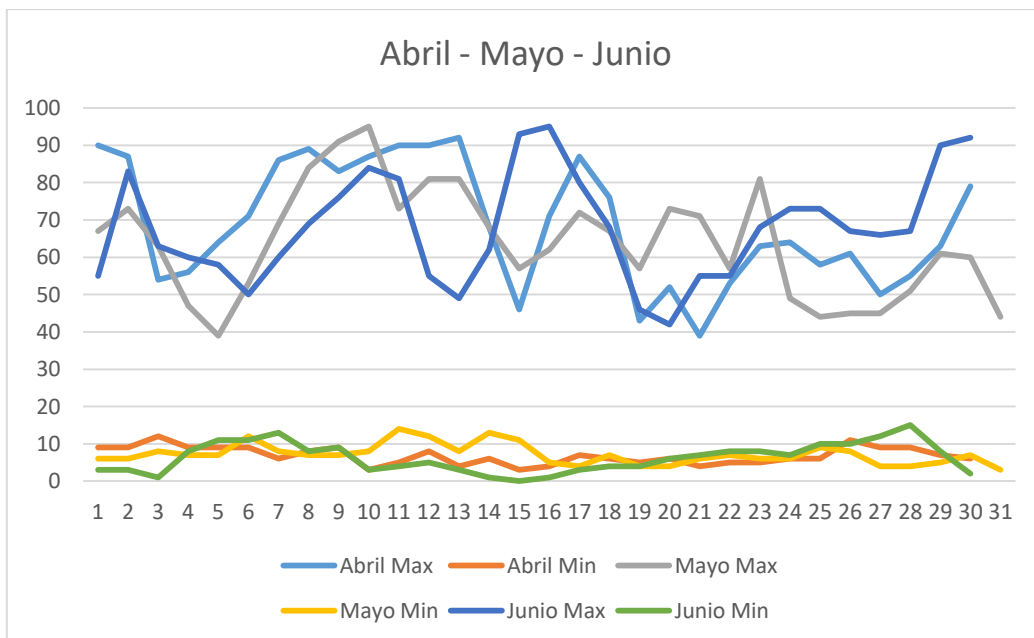


Figura 3.21 Humedad de enero a junio en Nogales

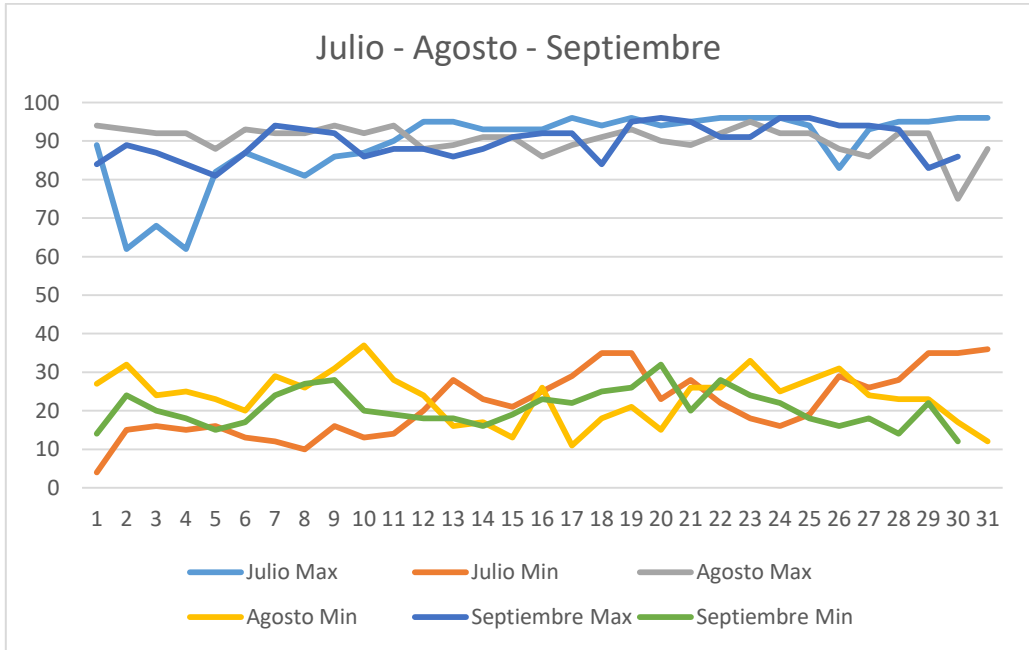


Figura 3.22 Humedad de julio a septiembre en Nogales

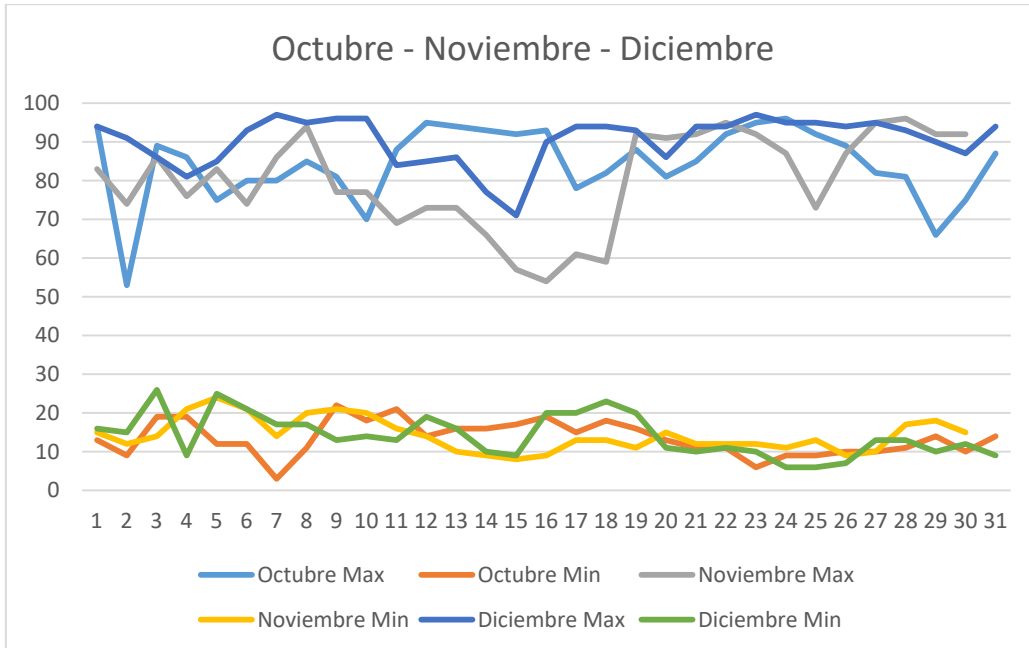


Figura 3.23 Humedad de octubre a diciembre en Nogales

Los registros de la presencia del vapor de agua en el ambiente se muestran en las tablas 3.24 y 3.25 para la estación ubicada en la ciudad de Magdalena

Tabla 3.24 Humedad máxima de enero a junio en Magdalena.

| Día | Enero | | Febrero | | Marzo | | Abril | | Mayo | | Junio | |
|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 94 | 11 | 84 | 9 | 86 | 16 | 76 | 7 | 64 | 4 | 63 | 5 |
| 2 | 95 | 13 | 80 | 13 | 79 | 10 | 76 | 10 | 76 | 5 | 92 | 11 |
| 3 | 92 | 15 | 88 | 7 | 85 | 9 | 59 | 10 | 57 | 8 | 62 | 2 |
| 4 | 84 | 20 | 91 | 11 | 82 | 13 | 61 | 7 | 44 | 6 | 55 | 9 |
| 5 | 88 | 13 | 94 | 11 | 72 | 11 | 52 | 5 | 37 | 5 | 52 | 14 |
| 6 | 95 | 15 | 86 | 12 | 86 | 6 | 71 | 6 | 45 | 10 | 51 | 11 |
| 7 | 96 | 12 | 78 | 10 | 71 | 4 | 68 | 4 | 68 | 9 | 67 | 10 |
| 8 | 83 | 21 | 81 | 6 | 71 | 8 | 58 | 4 | 79 | 6 | 45 | 8 |
| 9 | 83 | 21 | 76 | 9 | 80 | 9 | 66 | 9 | 93 | 4 | 54 | 8 |
| 10 | 94 | 17 | 90 | 11 | 57 | 9 | 53 | 3 | 96 | 7 | 72 | 3 |
| 11 | 95 | 18 | 93 | 19 | 83 | 14 | 52 | 3 | 76 | 15 | 55 | 6 |
| 12 | 85 | 9 | 87 | 11 | 93 | 11 | 86 | 6 | 82 | 9 | 44 | 8 |
| 13 | 89 | 11 | 93 | 12 | 85 | 7 | 92 | 3 | 85 | 6 | 58 | 4 |
| 14 | 94 | 11 | 93 | 20 | 92 | 7 | 66 | 4 | 66 | 10 | 81 | 1 |
| 15 | 94 | 12 | 96 | 27 | 82 | 7 | 56 | 1 | 58 | 8 | 93 | 1 |
| 16 | 97 | 14 | 97 | 21 | 79 | 11 | 58 | 4 | 59 | 3 | 94 | 2 |
| 17 | 91 | 14 | 97 | 20 | 71 | 9 | 67 | 5 | 55 | 4 | 92 | 4 |
| 18 | 92 | 11 | 95 | 41 | 81 | 8 | 70 | 7 | 61 | 4 | 78 | 4 |
| 19 | 91 | 10 | 95 | 22 | 76 | 9 | 43 | 4 | 70 | 3 | 69 | 4 |
| 20 | 91 | 11 | 97 | 10 | 73 | 10 | 53 | 4 | 73 | 3 | 63 | 7 |
| 21 | 93 | 14 | 90 | 26 | 66 | 10 | 52 | 1 | 60 | 7 | 55 | 8 |
| 22 | 90 | 4 | 93 | 19 | 79 | 9 | 62 | 5 | 47 | 5 | 66 | 9 |
| 23 | 85 | 6 | 91 | 20 | 80 | 10 | 69 | 4 | 69 | 4 | 60 | 9 |
| 24 | 94 | 7 | 82 | 15 | 75 | 12 | 53 | 7 | 42 | 4 | 65 | 7 |
| 25 | 87 | 6 | 84 | 8 | 89 | 11 | 54 | 8 | 51 | 7 | 71 | 10 |
| 26 | 78 | 10 | 77 | 7 | 59 | 10 | 60 | 11 | 54 | 10 | 72 | 14 |
| 27 | 77 | 6 | 79 | 14 | 70 | 10 | 49 | 7 | 55 | 3 | 66 | 13 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|---|----|---|
| 28 | 57 | 8 | 92 | 16 | 63 | 10 | 55 | 9 | 55 | 1 | 62 | 9 |
| 29 | 58 | 7 | | | 65 | 6 | 70 | 4 | 58 | 5 | 55 | 7 |
| 30 | 63 | 7 | | | 54 | 7 | 68 | 5 | 50 | 6 | 38 | 2 |
| 31 | 70 | 4 | | | 55 | 9 | | | 43 | 3 | | |

Tabla 3.25 Humedad máxima de julio a diciembre en Magdalena.

| Día | Julio | | Agosto | | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | |
|-----|-------|-----|--------|-----|------------|-----|---------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| 1 | 62 | 4 | 87 | 28 | 90 | 16 | 90 | 15 | 79 | 14 | 92 | 10 |
| 2 | 82 | 10 | 93 | 22 | 87 | 19 | 88 | 11 | 71 | 15 | 91 | 24 |
| 3 | 69 | 16 | 95 | 23 | 89 | 16 | 92 | 11 | 79 | 19 | 91 | 24 |
| 4 | 67 | 17 | 90 | 24 | 91 | 11 | 84 | 11 | 93 | 17 | 93 | 12 |
| 5 | 67 | 15 | 93 | 25 | 88 | 12 | 83 | 14 | 95 | 20 | 92 | 26 |
| 6 | 74 | 12 | 92 | 25 | 89 | 14 | 80 | 19 | 80 | 19 | 94 | 29 |
| 7 | 79 | 9 | 91 | 30 | 96 | 20 | 77 | 2 | 74 | 15 | 95 | 15 |
| 8 | 84 | 9 | 96 | 25 | 93 | 28 | 78 | 12 | 79 | 15 | 95 | 16 |
| 9 | 92 | 12 | 92 | 33 | 92 | 32 | 78 | 21 | 73 | 11 | 95 | 10 |
| 10 | 92 | 12 | 95 | 41 | 90 | 28 | 74 | 16 | 74 | 14 | 94 | 12 |
| 11 | 91 | 13 | 92 | 27 | 87 | 25 | 93 | 18 | 79 | 17 | 85 | 11 |
| 12 | 91 | 18 | 92 | 30 | 86 | 21 | 95 | 5 | 82 | 12 | 89 | 17 |
| 13 | 88 | 28 | 92 | 22 | 85 | 19 | 94 | 10 | 67 | 10 | 88 | 20 |
| 14 | 86 | 26 | 91 | 17 | 87 | 15 | 92 | 13 | 71 | 9 | 87 | 10 |
| 15 | 87 | 18 | 95 | 15 | 83 | 13 | 91 | 12 | 61 | 5 | 88 | 8 |
| 16 | 93 | 23 | 94 | 15 | 88 | 18 | 86 | 13 | 66 | 8 | 88 | 13 |
| 17 | 94 | 28 | 90 | 13 | 89 | 19 | 65 | 12 | 73 | 9 | 94 | 18 |
| 18 | 95 | 37 | 90 | 16 | 90 | 23 | 75 | 10 | 63 | 14 | 95 | 21 |
| 19 | 93 | 38 | 92 | 21 | 96 | 23 | 82 | 12 | 93 | 10 | 92 | 23 |
| 20 | 93 | 28 | 93 | 13 | 97 | 35 | 76 | 17 | 87 | 8 | 88 | 10 |
| 21 | 94 | 31 | 84 | 25 | 90 | 19 | 89 | 11 | 94 | 11 | 91 | 11 |
| 22 | 92 | 26 | 86 | 28 | 87 | 24 | 84 | 10 | 94 | 9 | 96 | 11 |
| 23 | 95 | 17 | 94 | 27 | 89 | 20 | 85 | 6 | 87 | 9 | 98 | 6 |
| 24 | 94 | 20 | 94 | 13 | 92 | 16 | 87 | 3 | 87 | 10 | 95 | 6 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 93 | 23 | 93 | 23 | 95 | 14 | 89 | 9 | 89 | 12 | 94 | 5 |
| 26 | 91 | 27 | 92 | 26 | 96 | 14 | 84 | 11 | 84 | 5 | 95 | 8 |
| 27 | 95 | 25 | 89 | 18 | 95 | 17 | 75 | 9 | 96 | 11 | 94 | 7 |
| 28 | 95 | 28 | 88 | 15 | 92 | 18 | 80 | 8 | 96 | 14 | 96 | 20 |
| 29 | 95 | 38 | 90 | 14 | 91 | 21 | 81 | 13 | 94 | 12 | 93 | 9 |
| 30 | 95 | 41 | 88 | 11 | 87 | 18 | 78 | 17 | 95 | 16 | 88 | 11 |
| 31 | 92 | 30 | 90 | 8 | | | 90 | 12 | | | 95 | 9 |

Los datos contenidos en las tablas 3.24 y 3.25 se pueden apreciar en forma visual en las gráficas de las figuras 3.24, 3.25, 3.26 y 3.27 con sus respectivos colores para los diferentes meses.

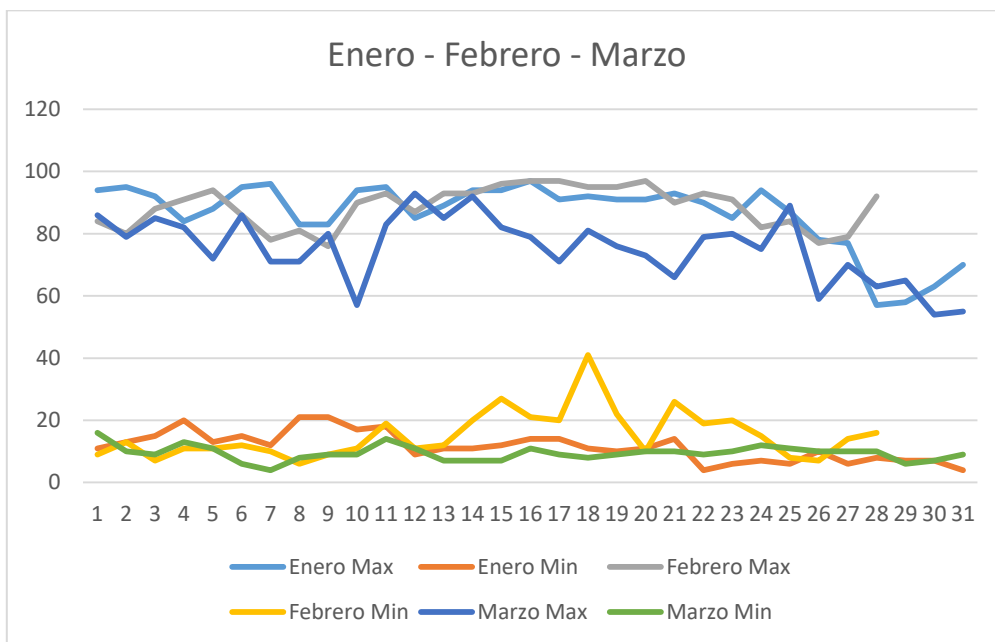


Figura 3.24 Humedad de enero a marzo en Magdalena

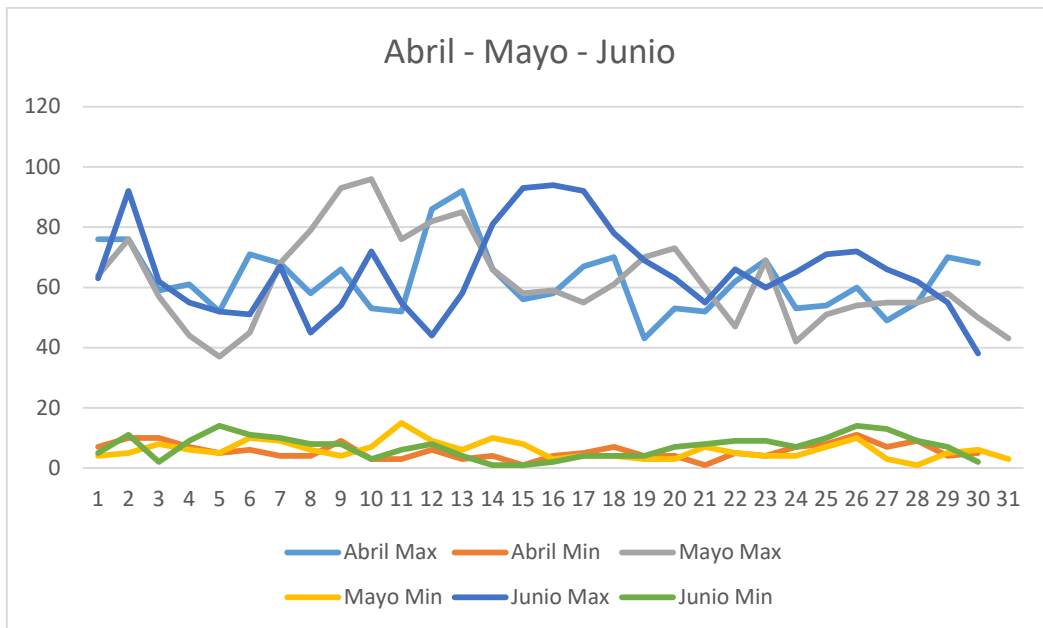


Figura 3.25 Humedad de abril a junio en Magdalena

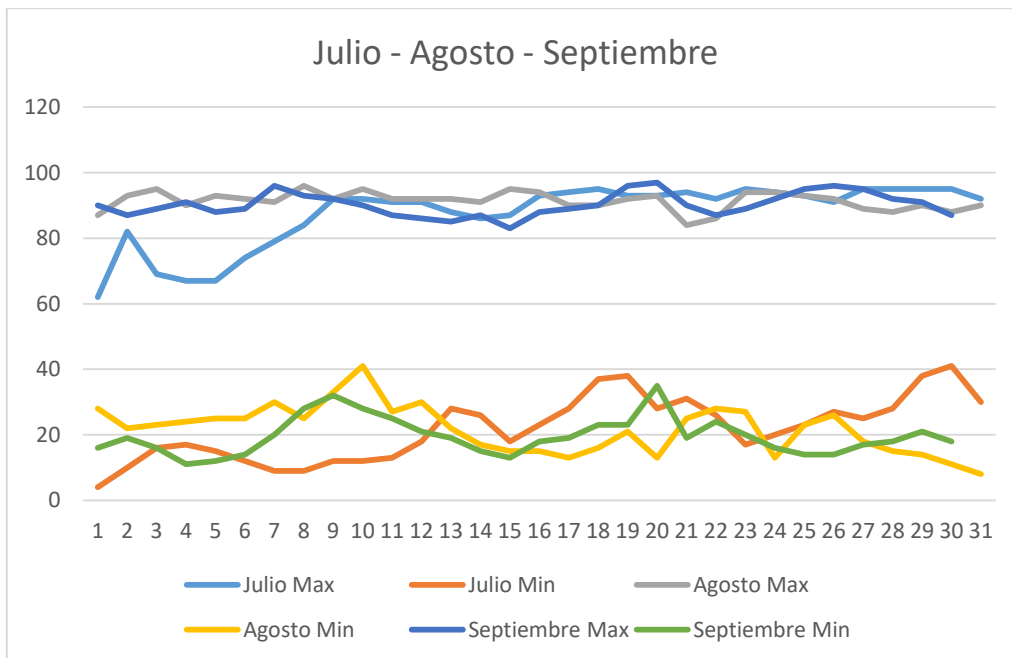


Figura 3.26 Humedad de julio a septiembre en Magdalena

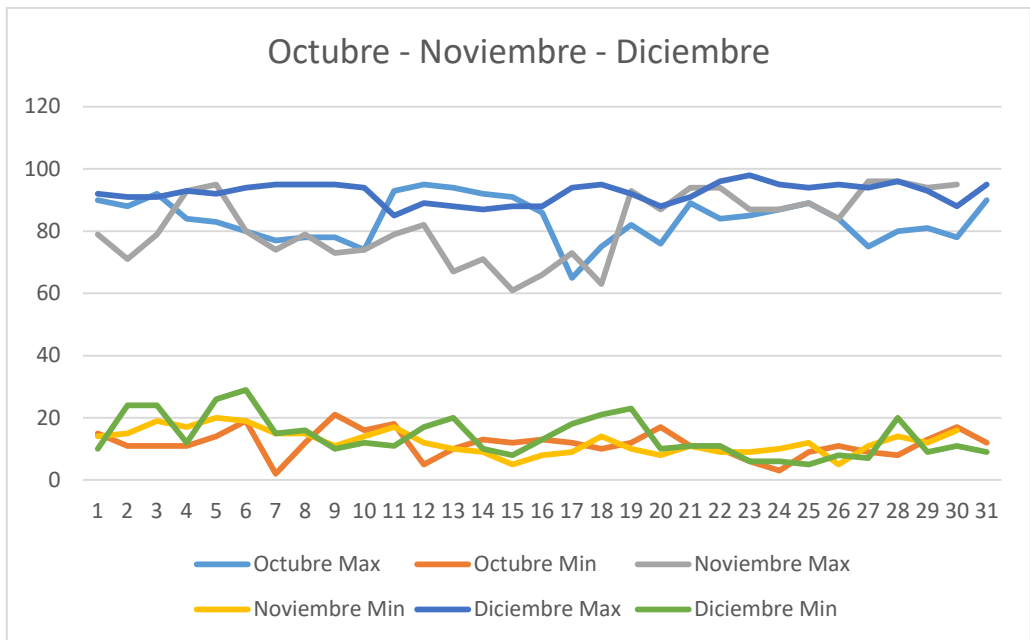


Figura 3.27 Humedad de octubre a diciembre en Magdalena

CAPÍTULO IV DISEÑO

4.1 Diseño del algoritmo UV estación Nogales.

Para el desarrollo de un algoritmo de predicción se utilizó un repositorio de datos que en este caso se almacena en un sitio web, el cual contiene información detectada por múltiples sensores integrados en dos estaciones meteorológicas ubicadas en las ciudades de Nogales y Magdalena Sonora.

Las mediciones se almacenan en una base de datos cada media hora durante los 365 días del año haciendo un total de 17,520 por cada parámetro almacenado por año.

Las figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 muestran las tendencias de las incidencias de los índices UV, en las cuales se observa que los niveles más altos son durante el solsticio de verano, en el cual, los rayos solares inciden más directamente sobre el hemisferio norte, que es donde se ubican las ciudades de Nogales y Magdalena, caso contrario, los menores índices UV se registran durante el solsticio de invierno, donde la incidencia de los rayos solares son mayores en el hemisferio sur, lo anterior es debido al movimiento de translación del planeta Tierra alrededor del Sol. Figura 4.1. (Romero, 2013)



Figura 4.1 Inclinación del eje terrestre.

Las tablas 3.10 y 3.13 muestran los registros máximos por día de los índices UV durante los meses de enero a diciembre en los años 2016 al 2019 en la estación de monitoreo de Nogales, también se muestran los índices UV mínimo de los máximos en esta estación, estos valores determinan el rango en el cual deberá responder el algoritmo.

Según el movimiento de rotación terrestre la hora exacta en la que los rayos solares inciden más directamente sobre la ciudad de Nogales depende de la ubicación geográfica, ver Figura 4.2, la estación de monitoreo está dada por: (Google, Google Maps, 2016)

Latitud norte: 31.291293

Longitud oeste: -110.951512

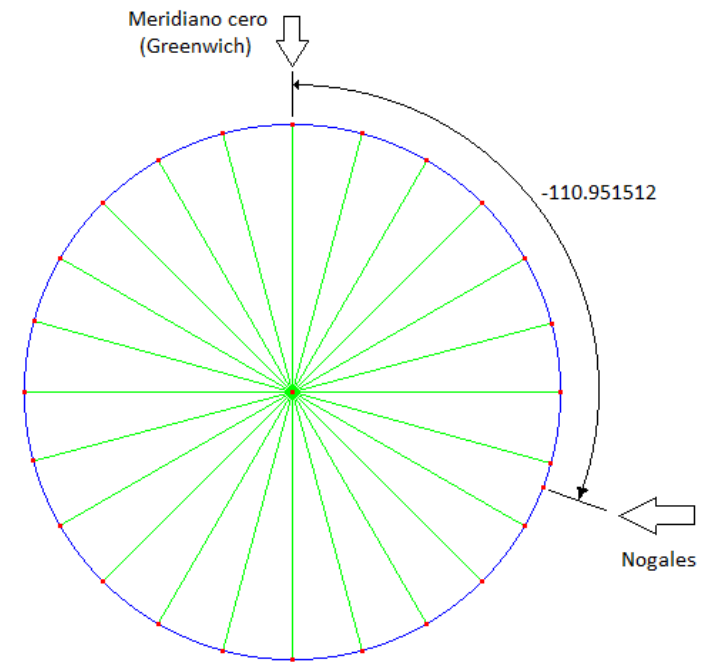


Figura 4.2 Ubicación de la estación respecto al meridiano cero

La hora exacta del medio día para la estación de monitoreo es 12.3967675, expresado en HMS son las 12:23:48, ver Figura 4.3.

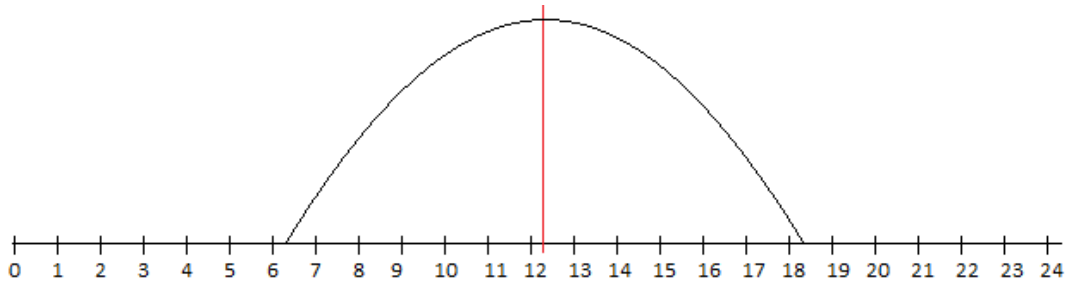


Figura 4.3 Hora de mayor incidencia

Se analizaron las lecturas de los años 2016, 2017, 2018 y 2019, y considerando los movimientos de rotación, translación, inclinación y ubicación geográfica surgieron las siguientes fórmulas, donde se consideraron como variables el día del año (d) y la hora del día (h).

El IMA (Índice Máximo Anual) en función del día del año (d), producto del análisis de las bases de datos de las estaciones está dado por la Fórmula 1.

$$IMA = -3\cos\left(\frac{2\pi(d + 10)}{365}\right) - 3 \quad (1)$$

A lo largo del día los índices UV varían según la hora, para este efecto se diseñó la Fórmula 2, la cual está en función de la hora del día.

$$UVH = -9\cos\left(\frac{2\pi(h - 0.39676747)}{24}\right) \quad (2)$$

Acoplado y ajustando las fórmulas 1 y 2 en una sola, se tiene la Función 3 IUV_i que calcula los valores de IUV intermedios (valores positivos y negativos).

La fórmula resultante es que a la Función 2 UVH se le resta la Función 1 IMA, considerando -3 como factor común, quedando la Fórmula 3 (Índice UV Nogales) que devuelve los datos de IUV sin depurar (positivos y negativos).

$$IUV_i = -3\left(3\cos\left(\frac{2\pi(h - 0.39676747)}{24}\right) + \cos\left(\frac{2\pi(d + 10)}{365}\right) + 1\right) \quad (3)$$

Para depurar y obtener los valores reales de IUV, se utilizan las siguientes restricciones:

$$IUV = \begin{cases} 0 & \text{si } IUV_i \leq 0 \\ \text{redondearAunDecimal}(IUV_i) & \text{si } IUV_i > 0 \end{cases}$$

Donde:

IUV es Índice de radiación ultravioleta.

h = hora del día expresada en decimal.

d = día del año, desde 1 a 365.

4.2 Diseño del algoritmo UV estación Magdalena.

Para la obtención de la fórmula desarrollada para Nogales se tomaron en cuenta algunos parámetros como: ubicación geográfica, movimientos de rotación, translación, inclinación terrestre y registros obtenidos durante los años 2016 al 2019, para obtener la fórmula que modele la incidencia de los rayos UV en Magdalena se utilizarán los mismo parámetros, máximos y mínimos según las tablas 3.12 y 3.13.

Promedio de incidencia máximo 10 antes y después del solsticio de verano (20 de junio) Tabla 3.12, éste promedio da un índice UV de 9.5, promedio mínimo en el solsticio de invierno (21 de diciembre), 10 días antes y después arroja un índice UV promedio de 3.2, la ubicación geográfica de la estación meteorológica de Magdalena es de 30.622234 latitud norte y -110.973316 longitud oeste. (Google, Google maps, 2020)

El IMA (Índice Máximo Anual) en función del día del año (d) Fórmula 4.

$$IMA = -3.15 \cos\left(\frac{2\pi(d + 10)}{365}\right) - 3.15 \quad (4)$$

A lo largo del día los índices UV varían según la hora, para este efecto se diseñó la Fórmula 5 en función de la hora del día.

$$UVH = -9.45 \cos\left(\frac{2\pi(h - 0.39822107)}{24}\right) \quad (5)$$

Acoplando y ajustando ambas ecuaciones en una sola, se tiene la Función 6 IUV_i la cual calcula los valores de IUV intermedios (valores positivos y negativos).

La fórmula resultante es la Función 6, UVH a la cual se le resta la Función 5 IMA, considerando -3 como factor común, queda la Fórmula 6. (Índice UV Magdalena) que devuelve los datos de IUV sin depurar (positivos y negativos).

$$IUV_i = -3.15 \left(3 \cos \left(\frac{2\pi(h - 0.39822107)}{24} \right) + \cos \left(\frac{2\pi(d + 10)}{365} \right) + 1 \right) \quad (6)$$

Para depurar y obtener los valores reales de IUV, se utilizan suprimen los valores negativos.

$$IUV = \begin{cases} 0 & \text{si } IUV_i \leq 0 \\ \text{redondear a un Decimal}(IUV_i) & \text{si } IUV_i > 0 \end{cases}$$

Donde:

IUV es Índice de radiación ultravioleta.

h = hora del día expresada en decimal.

d = día del año, desde 1 a 365.

4.3 Diseño del algoritmo de radiación solar estación Nogales

Haciendo un análisis similar para el desarrollo de la fórmula para la obtención de los índices ultravioleta y en base a los datos recopilados en la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Nogales (máximos y mínimos), en función del día del año (entre 1 y 365) y la hora del día (entre 0 y 24 horas con intervalos de media hora)

Máxima radiación solar detectada en promedio en 10 días alrededor del solsticio de verano (1032), así mismo se toma en cuenta la radiación solar mínima del grupo de máximas (610).

Se llegó a la fórmula 7 (Radiación solar Nogales)

$$RADIACION(h, d) = \left(-\cos\left(\frac{2\pi(h - 0.39676747)}{24}\right)\right) \left(820 - 210\cos\left(\frac{2\pi(d + 10)}{365}\right)\right) \quad (7)$$

4.4 Diseño del algoritmo de radiación solar estación Magdalena

Similar a la fórmula para modelar la radiación solar que incide en la ciudad de Nogales se obtuvo la fórmula para la ciudad de Magdalena de Kino.

Se llegó a la Fórmula 8 (Radiación solar Magdalena)

$$RADIACION(h, d) = \left(-\cos\left(\frac{2\pi(h - 0.39822107)}{24}\right)\right) \left(830 - 180\cos\left(\frac{2\pi(d + 10)}{365}\right)\right) \quad (8)$$

4.5 Diseño del algoritmo de temperatura

En el año, la estación meteorológica registra 17,520 lecturas de temperatura exterior y 17,658 si es año bisiesto, cada media hora. Con el fin de hacer un pronóstico del día siguiente se analizaron los registros de temperatura desde el 1 de enero del 2016 hasta el 31 de diciembre del 2019, el total de registros fueron 84,936, se realizaron los cálculos y las comparaciones para obtener diferencias y porcentajes de éstas, para el análisis se definieron las funciones de la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Funciones

| N | Descripción | Función: s = temperatura del día siguiente a = temperatura del día inmediato anterior b, c, d, f anteriores |
|---|--|--|
| 1 | La temperatura será igual a la del día anterior | $s = t(a) \quad (9)$ |
| 2 | La temperatura del día siguiente será el promedio de los dos días anteriores | $s = t(a, b) \quad (10)$ |
| 3 | La temperatura del día siguiente será la tendencia de los dos días anteriores | $s = t(a, b) \quad (11)$ |
| 4 | La temperatura del día siguiente será la tendencia de los tres días anteriores | $s = t(a, b, c) \quad (12)$ |
| 5 | La temperatura del día siguiente será la tendencia de los cuatro días anteriores | $s = t(a, b, c, d) \quad (13)$ |
| 6 | La temperatura del día siguiente será la tendencia de los cinco días anteriores | $s = t(a, b, c, d, e) \quad (14)$ |
| 7 | La temperatura del día siguiente tendrá un comportamiento similar a una ecuación de segundo grado en función de los tres días anteriores | $s = t(a, b, c) \quad (15)$ |
| 8 | La temperatura del día siguiente estará en función de la variación de temperatura inmediata | $s = t(b \pm \Delta) \quad (16)$ |

4.5.1 La temperatura será igual a la del día anterior

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados del análisis en el que se considera que la temperatura de cualquier día es igual a la del día anterior, también se extendió

el análisis para detectar las variaciones día a día de hasta 10 grados centígrados, se realizó este análisis utilizando las bases de datos de un total de 84,936 registros, se obtuvieron los siguientes resultados aplicando la Fórmula 9 (igual al día anterior).

$$t(a) = a \quad (9)$$

Tabla 4.2 Temperatura igual a la de día anterior

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentaje |
|------------------------------|-----------|------------|
| Exactamente 0° | 1498 | 1.76% |
| 1° o menos | 28057 | 33.03% |
| 2° o menos | 49137 | 57.88% |
| 3° o menos | 63051 | 74.23% |
| 4° o menos | 71621 | 84.32% |
| 5° o menos | 76832 | 90.46% |
| 6° o menos | 79999 | 94.19 |
| 7° o menos | 81911 | 96.44% |
| 8° o menos | 83034 | 97.76% |
| 9° o menos | 83738 | 98.59% |
| 10° o menos | 84189 | 99.12% |

4.5.2 Promedio de los dos días anteriores

En la Tabla 4.3 se muestra este análisis desde cero grados hasta 10, para esto se consideraron 84,840 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “b” del día anterior y “a” anterior a “b”, utilizando la Fórmula 10 (promedio de dos días anteriores).

$$t(a, b) = \frac{a + b}{2} \quad (10)$$

Tabla 4.3 Día siguiente promedio de los dos anteriores

| Diferencia de los promedios en valor absoluto | Registros | Porcentaje |
|---|-----------|------------|
| Exactamente 0° | 1235 | 1.46% |
| 1° o menos | 25546 | 30.11% |
| 2° o menos | 45771 | 53.95% |
| 3° o menos | 60493 | 71.3% |
| 4° o menos | 69612 | 82.05% |
| 5° o menos | 75381 | 88.85% |
| 6° o menos | 78984 | 93.1% |
| 7° o menos | 81191 | 95.7% |
| 8° o menos | 85570 | 97.32% |
| 9° o menos | 83468 | 98.38 |
| 10° o menos | 84034 | 99.05% |

4.5.3 Tendencia de los dos días anteriores

Haciendo un análisis utilizando mínimos cuadrados en el cual, el siguiente día será una tendencia de los dos días anteriores de forma que se realiza una proyección del tercer día, donde “t (a, b)” es el día a proyectar en función de a (primer día) y b (segundo día), en la Tabla 4.4 se muestra el análisis en base a 84789 registros:

En el álgebra lineal la Fórmula 17 y se conoce como la ecuación ordenada al origen, donde m es la pendiente y b es el corte de la ordenada.

$$y = mx + b \quad (17)$$

De forma que al aplicar mínimos cuadrados se definen las fórmulas 18 y 19.

$$m = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad (18)$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - m \left(\frac{\sum x}{n} \right) \quad (19)$$

Tabla 4.4 Planteamiento

| | x | y | xy | x^2 |
|--|-----|---------|----------|-------|
| | 1 | a | a | 1 |
| | 2 | b | $2b$ | 4 |
| | 3 | $a + b$ | $a + 2b$ | 5 |

Se sustituyen los datos de la Tabla 4.4 en Fórmula 18 (m), se obtiene la Fórmula 20.

$$m = \frac{\frac{(a+2b)}{1} - \frac{3(a+b)}{2}}{\frac{5}{1} - \frac{9}{2}} = \frac{2a + 4b - 3a - 3b}{1} = b - a \quad (20)$$

Sustituyendo datos de la Tabla 4.4 en la fórmula 19 y desarrollando algebraicamente se obtienen la Fórmula 21.

$$b = \frac{a+b}{2} - (b-a)\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{a+b-3(b-a)}{2}$$

$$b = \frac{a+b-3b+3a}{2} = \frac{4a-2b}{2} = 2a-b \quad (21)$$

Sustituyendo las expresiones de las fórmulas 20 y 21 en la fórmula 17 se obtiene la expresión de la Fórmula 22.

$$y(3) = (b-a)(3) + (2a-b)$$

$$y(3) = 3b - 3a + 2a - b$$

$$y(3) = 2b - a \quad (22)$$

La temperatura del día siguiente en función de las fórmulas 20 y 21 definida en la Tabla 4.1 estará expresada como Fórmula 11.

$$t(a, b) = 2b - a \quad (11)$$

La Tabla 4.5 muestra un análisis desde cero grados hasta 10, para esto se consideraron 84,840 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “b” del día anterior y “a” anterior a “b”, utilizando la Fórmula 11 (tendencia de dos días anteriores).

Tabla 4.5 Tendencia de dos días anteriores

| Tendencia en función de las dos lecturas anteriores | Registros | Porcentaje |
|---|-----------|------------|
| Exactamente 0° | 443 | 0.52% |
| 1° o menos | 19701 | 23.24% |
| 2° o menos | 36307 | 42.82% |
| 3° o menos | 49599 | 58.50% |
| 4° o menos | 59454 | 70.12% |
| 5° o menos | 66609 | 78.56% |
| 6° o menos | 71682 | 84.54% |
| 7° o menos | 75323 | 88.84% |
| 8° o menos | 77941 | 91.92% |
| 9° o menos | 79844 | 94.17% |
| 10° o menos | 81263 | 95.84% |

4.5.4 Tendencia de los tres días anteriores

Haciendo un análisis utilizando mínimos cuadrados planteado en la Tabla 4.6, en la cual, el siguiente día será una tendencia de los tres días anteriores, de forma

que se hará una proyección del cuarto día, de tal forma que **a** (primer día), **b** (segundo día), **c** (tercer día) y **t** (a, b, c) será el día proyectado en función de las lecturas anteriores, en la Tabla 4.7 se muestra el análisis en base a 84,690 registros.

Tabla 4.6 Planteamiento

| | x | y | xy | x^2 |
|--|-----|-------------|---------------|-------|
| | 1 | a | a | 1 |
| | 2 | b | $2b$ | 4 |
| | 3 | c | $3c$ | 9 |
| | 6 | $a + b + c$ | $a + 2b + 3c$ | 14 |

Se sustituyen los datos de la Tabla 4.6 en Fórmula 18 y desarrollando se obtiene la Fórmula 23.

$$\left(\sum x\right)^2 = 36$$

$$m = \frac{(a + 2b + 3c) - \frac{(3)(a + b + c)}{3}}{14 - \frac{36}{3}}$$

$$m = \frac{(a + 2b + 3c) - 2(a + b + c)}{2}$$

$$m = \frac{a + 2b + 3c - 2a - 2b - 2c}{2}$$

$$m = \frac{c - a}{2} \quad (23)$$

Se sustituyen los datos de la Tabla 4.6 en Fórmula 19 y desarrollando se obtiene la Fórmula 24.

$$b = \frac{a + b + c}{3} - \left(\frac{c - a}{2}\right)\frac{6}{3}$$

$$b = \frac{a + b + c}{3} - (c - a)$$

$$b = \frac{a + b + c - 3c + 3a}{3}$$

$$b = \frac{4a + b - 2c}{3} \quad (24)$$

Sustituyendo las expresiones de las fórmulas 23 y 24 en la Fórmula 17 se obtiene la expresión de la Fórmula 25.

$$y(4) = m(4) + b$$

$$y(4) = \frac{c - a}{2}(4) + \frac{4a + b - 2c}{3}$$

$$y(4) = \frac{2c - 2a}{1} + \frac{4a + b - 2c}{3}$$

$$y(4) = \frac{6c - 6a + 4a + b - 2c}{3}$$

$$y(4) = \frac{4c + b - 2a}{3} \tag{25}$$

La temperatura del día siguiente en función de los tres días anteriores estará expresada como Fórmula 12 definida en la Tabla 4.1 como la tendencia de 3 días.

$$t(a, b, c) = \frac{4c + b - 2a}{3} \tag{12}$$

La Tabla 4.7 muestra los resultados de la Fórmula 12 con 84,840 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “a, b y c” los días anteriores.

Tabla 4.7 Tendencia de 3 días anteriores

| Tendencia en función de las tres lecturas anteriores | Registros | Porcentaje |
|--|-----------|------------|
| Exactamente 0° | 951 | 1.12% |
| 1° o menos | 20751 | 24.5% |
| 2° o menos | 37914 | 44.77% |
| 3° o menos | 51404 | 60.70% |

| | | |
|-------------|-------|--------|
| 4° o menos | 61654 | 72.80% |
| 5° o menos | 68847 | 81.29% |
| 6° o menos | 73901 | 87.26% |
| 7° o menos | 77240 | 91.20% |
| 8° o menos | 79663 | 94.06% |
| 9° o menos | 81414 | 96.13% |
| 10° o menos | 82556 | 97.48% |

4.5.5 Tendencia de los cuatro días anteriores

En la Tabla 4.8 se aplica mínimos cuadrados en la cual, el siguiente día será una tendencia de los cuatro días anteriores, de forma que se hará una proyección del quinto día, de tal forma que **a** (primer día), **b** (segundo día), **c** (tercer día), **d** (cuarto día) y **t** (a, b, c, d) será el día proyectado en función de las lecturas anteriores, en la Tabla 4.9 se muestra el análisis en base a 84,602 registros.

Tabla 4.8 Tendencia de 4 días anteriores

| | x | y | xy | x^2 |
|----------|-----|-----------------|--------------------|-------|
| | 1 | a | a | 1 |
| | 2 | b | $2b$ | 4 |
| | 3 | c | $3c$ | 9 |
| | 4 | d | $4d$ | 16 |
| Σ | 10 | $a + b + c + d$ | $a + 2b + 3c + 4d$ | 30 |

Se sustituyen los datos de la Tabla 4.8 en las fórmulas 18 y 19, desarrollando se obtienen las fórmulas 26 y 27.

$$\left(\sum x\right)^2 = 100$$

$$m = \frac{a + 2b + 3c + 4d - \frac{(10)(a + b + c + d)}{4}}{30 - \frac{100}{4}}$$

$$m = \frac{\frac{a + 2b + 3c + 4d}{1} - \frac{10a + 10b + 10c + 10d}{4}}{5}$$

$$m = \frac{4a + 8b + 12c + 16d - 10a - 10b - 10c - 10d}{20}$$

$$m = \frac{-6a - 2b + 2c + 6d}{20}$$

$$m = \frac{-3a - b + c + 3d}{10}$$

(26)

$$b = \frac{a + b + c + d}{4} - \frac{-3a - b + c + 3d}{10} \left(\frac{10}{4}\right)$$

$$b = \frac{a + b + c + d}{4} - \frac{-3a - b + c + 3d}{4}$$

$$b = \frac{4a + 2b - 2d}{4}$$

$$b = \frac{2a + b - d}{2} \quad (27)$$

$$y(5) = \frac{-3a - b + c + 3d}{10} (5) + \frac{2a + b - d}{2}$$

$$y(5) = \frac{-3a - b + c + 3d}{2} + \frac{2a + b - d}{2}$$

$$y(5) = \frac{-3a - b + c + 3d + 2a + b - d}{2}$$

$$y(5) = \frac{-a + c + 2d}{2}$$

$$y(5) = \frac{c + 2d - a}{2} \quad (28)$$

La temperatura del día siguiente en función de cuatro días anteriores estará expresada como Fórmula 13 definida en la Tabla 4.1 como la tendencia de 4 días.

$$t(a, b, c, d) = \frac{2d + c - a}{2} \quad (13)$$

La Tabla 4.9 muestra los resultados de la Fórmula 13, donde con 84,840 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “a, b, c y d” los días anteriores.

Tabla 4.9 Tendencia 4 días anteriores

| Tendencia en función de las cuatro lecturas anteriores | Registros 84602 | Porcentaje |
|--|-----------------|------------|
| Exactamente 0° | 1037 | 1.23% |
| 1° o menos | 20709 | 24.48% |
| 2° o menos | 38535 | 45.55% |
| 3° o menos | 52329 | 61.85% |
| 4° o menos | 62462 | 73.83% |
| 5° o menos | 69607 | 82.28% |
| 6° o menos | 74587 | 88.16% |
| 7° o menos | 78012 | 92.21% |
| 8° o menos | 80147 | 94.73% |
| 9° o menos | 81707 | 96.58% |
| 10° o menos | 82752 | 97.81% |

4.5.6 Tendencia de los cinco días anteriores

En base a los datos acumulados en 5 días, en la Tabla 4.10, se hace una proyección del sexto día donde: a, b, c, d y e son los días anteriores y f es el día a proyectar, en la Tabla 4.11 se muestra el análisis en base a 84,493 registros.

Tabla 4.10 Tendencia 5 días anteriores

| | x | y | xy | x^2 |
|--|-----|-----|------|-------|
| | 1 | a | a | 1 |
| | 2 | b | $2b$ | 4 |
| | 3 | c | $3c$ | 9 |

| | | | | |
|----------|----|---------------------|-------------------------|----|
| | 4 | d | $4d$ | 16 |
| | 5 | e | $5e$ | 25 |
| Σ | 10 | $a + b + c + d + e$ | $a + 2b + 3c + 4d + 5e$ | 55 |

Se sustituyen los datos de la Tabla 4.10 en la Fórmula 18 y desarrollando se obtiene la Fórmula 23.

$$m = \frac{a + 2b + 3c + 4d + 5e - \frac{15(a + b + c + d + e)}{5}}{55 - \frac{15^2}{5}}$$

$$m = \frac{a + 2b + 3c + 4d + 5e + -3a - 3b - 3c - 3d - 3e}{10}$$

$$m = \frac{-2a - b + d + 2e}{10} \quad (29)$$

$$b = \frac{a + b + c + d + e}{5} - \frac{15}{5} \left(\frac{-2a - b + d + 2e}{10} \right)$$

$$b = \frac{2a + 2b + 2c + 2d + 2e + 6a + 3b - 3d - 6e}{10}$$

$$b = \frac{8a + 5b + 2c - d - 4e}{10} \quad (30)$$

$$y(6) = 6 \left(\frac{-2a - b + d + 2e}{10} \right) + \left(\frac{8a + 5b + 2c - d - 4e}{10} \right)$$

$$y(6) = \frac{-12a - 6b + 6d + 12e + 8a + 5b + 2c - d - 4e}{10}$$

$$y(6) = \frac{8e + 5d + 2c - b - 4a}{10} \quad (31)$$

La temperatura del día siguiente en función a cinco días anteriores estará expresada como Fórmula 14 definida en la Tabla 4.1 como la tendencia de 5 días.

$$t(a, b, c, d, e) = \frac{8e + 5d + 2c - b - 4a}{10} \quad (14)$$

La Tabla 4.11 muestra los resultados de la Fórmula 14 con 84,493 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “a, b, c, d y e” los días anteriores.

Tabla 4.11 Datos 5 días anteriores

| Tendencia en función de las cuatro lecturas anteriores | Registros 84,493 | Porcentaje |
|--|------------------|------------|
| Exactamente 0° | 78 | 0.1% |
| 1° o menos | 19397 | 23% |
| 2° o menos | 36780 | 43.5% |
| 3° o menos | 50924 | 60.3% |
| 4° o menos | 61441 | 72.7% |
| 5° o menos | 69076 | 81.8% |
| 6° o menos | 74154 | 87.8% |
| 7° o menos | 77790 | 92.1% |
| 8° o menos | 80294 | 95% |

| | | |
|-------------|-------|-------|
| 9° o menos | 81955 | 97% |
| 10° o menos | 82934 | 98.2% |

4.5.7 Tendencia curva de los tres días anteriores

En base a los datos acumulados en 3 días se hace una proyección del cuarto día en forma de una curva de segundo grado donde: A, B y C son los datos y F es el día a proyectar como se muestra en la Tabla 4.12, el día proyectado estará en función de los 3 días anteriores.

Tabla 4.12 Proyección curva

| Día - 2 | Día - 1 | Día actual | Proyección |
|---------|---------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | B | C | F |

Se plantea la Fórmula 32 como una expresión de segundo grado.

$$ax^2 + bx + c \quad (32)$$

Sustituyendo los valores de la Tabla 12 en la Fórmula 32.

$$a(1)^2 + b(1) + c = A \quad (33)$$

$$a(2)^2 + b(2) + c = B \quad (34)$$

$$a(3)^2 + b(3) + c = C \quad (35)$$

Desarrollando las fórmulas 33, 34 y 35 se obtienen las fórmulas 36, 37 y 38.

$$a + b + c = A \quad (36)$$

$$4a + 2b + c = B \quad (37)$$

$$9a + 3b + c = C \quad (38)$$

A sistema de ecuaciones 36, 37 y 38 se reducen aplicando eliminación para obtener diferencias, la diferencia 1 se da por la Fórmula 39 y la diferencia 2 por la Fórmula 40.

$$\text{Diferencia } d_1 = C - B$$

$$d_1 = C - B$$

$$d_1 = 9a - 4a + 3b - 2b + c - c$$

$$d_1 = 5a + b \quad (39)$$

$$\text{Diferencia } d_2 = B - A$$

$$d_2 = B - A$$

$$d_2 = 4a - a + 2b - b + c - c$$

$$d_2 = 3a + b \tag{40}$$

La diferencia entre fórmulas 39 y 40 estará dada por la Fórmula 41.

Diferencia d_3 : $d_1 - d_2$

$$d_3 = d_1 - d_2$$

$$(C - B) - (B - A) = (5b + b) - (3a + b) = 2a$$

$$C - 2B + A = 2a \tag{41}$$

Solución:

$$a = \frac{A - 2B + C}{2}$$

$$b = \frac{-5A + 8B - 3C}{2}$$

$$c = 3A - 3B + C$$

Sustituyendo $f(4) = ax^2 + bx + c$

$$f(4) = \left(\frac{A - 2B + C}{2}\right) 4^2 + \left(\frac{-5A + 8B - 3C}{2}\right) (4) + (3A - 3B + C)$$

$$f(4) = \left(\frac{A - 2B + C}{2}\right) (16) + \left(\frac{-5A + 8B - 3C}{2}\right) (4) + (3A - 3B + C)$$

$$f(4) = 8(A - 2B + C) + 2(-5A + 8B - 3C) + (3A - 3B + C)$$

$$f(4) = 8A - 16B + 8C - 10A + 16B - 6C + 3A - 3B + C$$

En función a 3 días se proyecta el día siguiente el cual se da por la Fórmula 15 definida en la Tabla 4.1 como los datos para proyectar el siguiente día pero en forma de una curva.

$$f(4) = 3C - 3B + A$$

(15)

La Tabla 4.13 muestra los resultados de la Fórmula 15 con 84,493 registros de la base de datos y se obtuvo el porcentaje de variaciones acumuladas, donde “t” es la temperatura del día siguiente, “A, B y C” los días anteriores.

Tabla 4.13 Cálculos utilizando curva

| Tendencia en función de las tres lecturas anteriores en forma de una función de segundo grado | Registros 84,493 | Porcentaje |
|---|------------------|------------|
| Exactamente 0° | 87 | 0.1% |
| 1° o menos | 9640 | 13.8% |
| 2° o menos | 18736 | 26.8% |
| 3° o menos | 27025 | 38.7% |

| | | |
|-------------|-------|-------|
| 4° o menos | 34068 | 48.7% |
| 5° o menos | 40183 | 57.5% |
| 6° o menos | 45430 | 65% |
| 7° o menos | 49646 | 71% |
| 8° o menos | 53117 | 76% |
| 9° o menos | 56029 | 80.1% |
| 10° o menos | 58529 | 83.7% |

4.5.8 Pronóstico será con variaciones inmediatas

Al detectarse variaciones entre las temperaturas del día anterior y la actual, la serie de temperaturas registradas el día anterior más la diferencia detectada será el pronóstico del día siguiente, Fórmula 16.

$$t(a) = a \pm v \quad (16)$$

Donde:

s = pronóstico.

a = temperatura del día anterior.

v = variación detectada.

Tabla 4.14 Variación inmediata

| Tendencia en función de las tres lecturas anteriores en forma de una función de segundo grado | Datos analizados 3'358,182 | Porcentaje |
|---|-------------------------------|------------|
| Exactamente 0° | 37,058 | 1.1% |

| | | |
|-------------|-----------|-------|
| 1° o menos | 1,157,024 | 34.5% |
| 2° o menos | 1'909,480 | 56.9% |
| 3° o menos | 2'406,681 | 71.7% |
| 4° o menos | 2'731,528 | 81.3% |
| 5° o menos | 2'938,200 | 87.5% |
| 6° o menos | 3'071,543 | 91.5% |
| 7° o menos | 3'159,551 | 94.1% |
| 8° o menos | 3'221,076 | 95.9% |
| 9° o menos | 3'265,456 | 97.2% |
| 10° o menos | 3'296,360 | 98.2% |

4.6 Desarrollo de la humedad

La estación meteorológica registra 48 lecturas por día y anualmente 17,520 de humedad exterior, con el fin de hacer un pronóstico del día siguiente se analizaron los registros de humedad de los años 2016 hasta el 2019, el total de registros fueron 70,080, se realizaron los cálculos y las comparaciones para obtener frecuencias absolutas y porcentajes de éstas.

Adaptando las fórmulas de la temperatura a los registros de humedad se definirían como en la Tabla 4.14, con las cuales se realizaron los mismos cálculos y comparaciones de los resultados obtenidos por las estaciones de Nogales y Magdalena.

Tabla 4.14 Funciones de humedad

| | | |
|---|-------------|--|
| N | Descripción | Función: s = humedad del día siguiente a = humedad del día inmediato anterior b, c, d, f anteriores |
|---|-------------|--|

| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| 1 | La humedad será igual a la del día anterior | $s = h(a) \quad (42)$ |
| 2 | La humedad del día siguiente será el promedio de los dos días anteriores | $s = h(a, b) \quad (42)$ |
| 3 | La humedad del día siguiente será la tendencia de los dos días anteriores | $s = h(a, b) \quad (43)$ |
| 4 | La humedad del día siguiente será la tendencia de los tres días anteriores | $s = h(a, b, c) \quad (44)$ |
| 5 | La humedad del día siguiente será la tendencia de los cuatro días anteriores | $s = h(a, b, c, d) \quad (45)$ |
| 6 | La humedad del día siguiente será la tendencia de los cinco días anteriores | $s = h(a, b, c, d, e) \quad (46)$ |
| 7 | La humedad del día siguiente tendrá un comportamiento similar a una ecuación de segundo grado en función de los tres días anteriores | $s = h(a, b, c) \quad (47)$ |
| 8 | La humedad del día siguiente estará en función de la variación de temperatura inmediata | $s = h(b \pm \Delta) \quad (48)$ |

4.6.1 La humedad igual al día anterior

En la Tabla 4.15 se muestra los resultados del análisis en el que se considera un total de 70,068 registros, en los que la humedad de cualquier día es similar a la del día anterior como lo indica la Fórmula 42.

$$h(a) = a \quad (42)$$

Tabla 4.15 Humedad igual a la del día anterior

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 3170 | 4.5% |
| 1 o menos | 9073 | 12.9% |
| 2 o menos | 14696 | 21% |
| 3 o menos | 19828 | 28.3% |
| 4 o menos | 24621 | 35.1% |
| 5 o menos | 28845 | 41.2% |
| 6 o menos | 32691 | 46.7% |
| 7 o menos | 36176 | 51.6% |
| 8 o menos | 39155 | 55.9% |
| 9 o menos | 41909 | 59.8% |
| 10 o menos | 44523 | 63.3% |

4.6.2 Promedio de los dos días anteriores

La Tabla 4.16 se muestra el análisis de 0 a 10 unidades de porcentajes de diferencia para lo cual se consideraron 70,014 registros utilizando la Fórmula 43.

$$h(a, b) = \frac{a + b}{2} \quad (43)$$

Tabla 4.16 Promedio de dos días

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
|------------------------------|-----------|-------------|

| | | |
|-------------------|-------|-------|
| Exactamente igual | 1391 | 2% |
| 1 o menos | 6876 | 9.8% |
| 2 o menos | 12113 | 17.3% |
| 3 o menos | 16952 | 24.2% |
| 4 o menos | 21465 | 30.7% |
| 5 o menos | 25611 | 36.6% |
| 6 o menos | 29367 | 41.9% |
| 7 o menos | 32784 | 46.8% |
| 8 o menos | 35869 | 51.2% |
| 9 o menos | 38695 | 55.3% |
| 10 o menos | 41321 | 59% |

4.6.3 Tendencia de dos días anteriores

La Tabla 4.17 muestra un análisis de 70,014 y utilizando la Fórmula 44.

$$h(a, b) = 2b - a \quad (44)$$

Tabla 4.17 Tendencia de dos días anteriores

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 2010 | 2.9% |
| 1 o menos | 5726 | 8.2% |
| 2 o menos | 9377 | 13.4% |
| 3 o menos | 12853 | 18.4% |
| 4 o menos | 16230 | 23.2% |
| 5 o menos | 19483 | 27.8% |

| | | |
|------------|-------|-------|
| 6 o menos | 22693 | 32.4% |
| 7 o menos | 25665 | 36.7% |
| 8 o menos | 28508 | 40.7% |
| 9 o menos | 31168 | 44.5% |
| 10 o menos | 33629 | 48% |

4.6.4 Tendencia de tres días anteriores

Analizando 69,960 registros y aplicando la Fórmula 45 se completa la Tabla 4.18 en la que se muestran los niveles de humedad y sus porcentajes respectivos.

$$h(a, b, c) = \frac{4a + b - 2a}{3} \quad (45)$$

Tabla 4.18 Tendencia de 3 días anteriores

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 716 | 1% |
| 1 o menos | 4749 | 6.8% |
| 2 o menos | 8834 | 12.6% |
| 3 o menos | 12772 | 18.3% |
| 4 o menos | 16537 | 23.6% |
| 5 o menos | 20054 | 28.7% |
| 6 o menos | 23354 | 33.4% |
| 7 o menos | 26450 | 37.8% |
| 8 o menos | 29324 | 41.9% |
| 9 o menos | 32041 | 45.8% |
| 10 o menos | 34396 | 49.2% |

4.6.5 Tendencia de cuatro días anteriores

La Tabla 4.19 se muestra el análisis de 0 a 10 unidades de porcentajes de diferencia para lo cual se consideraron 69,912 registros utilizando la Fórmula 46.

$$h(a, b, c, d) = \frac{2d + c - a}{2} \quad (46)$$

Tabla 4.19 Tendencia de 4 días anteriores

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 1001 | 1.4% |
| 1 o menos | 5094 | 7.3% |
| 2 o menos | 9153 | 13.1% |
| 3 o menos | 13197 | 18.9% |
| 4 o menos | 16988 | 24.3% |
| 5 o menos | 20431 | 29.2% |
| 6 o menos | 23733 | 33.9% |
| 7 o menos | 26889 | 38.5% |
| 8 o menos | 29812 | 42.6% |
| 9 o menos | 32584 | 46.6% |
| 10 o menos | 35153 | 50.3% |

4.6.6 Tendencia de cinco días anteriores

Analizando 69,852 registros y aplicando la Fórmula 47 se completa la Tabla 4.20 en la que se muestran los niveles de humedad y sus porcentajes respectivos.

$$h(a, b, c, d, e) = \frac{-4a - b + 2c + 5d + 8e}{10} \quad (47)$$

Tabla 4.20 Tendencia 5 días anteriores

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 155 | 0.2% |
| 1 o menos | 2820 | 4% |
| 2 o menos | 5456 | 7.8% |
| 3 o menos | 8011 | 11.5% |
| 4 o menos | 10593 | 15.2% |
| 5 o menos | 13160 | 18.8% |
| 6 o menos | 15635 | 22.4% |
| 7 o menos | 18004 | 25.8% |
| 8 o menos | 20388 | 29.2% |
| 9 o menos | 22532 | 32.3% |
| 10 o menos | 24689 | 35.3% |

4.6.7 Tendencia curva de tres días anteriores

La Tabla 4.21 se muestra el análisis de 0 a 10 unidades de porcentajes de diferencia para lo cual se consideraron 69,990 registros utilizando la Fórmula 48.

$$h(4) = 3C - 3B + A \quad (48)$$

Tabla 4.21 Cálculos utilizando curva

| Diferencia en valor absoluto | Registros | Porcentajes |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Exactamente igual | 1112 | 1.6% |
| 1 o menos | 3381 | 4.8% |
| 2 o menos | 5637 | 8.1% |
| 3 o menos | 7823 | 11.2% |
| 4 o menos | 9974 | 14.3% |
| 5 o menos | 12103 | 17.3% |
| 6 o menos | 14208 | 10.3% |
| 7 o menos | 16152 | 23.1% |
| 8 o menos | 18060 | 25.8% |
| 9 o menos | 19706 | 28.4% |
| 10 o menos | 21706 | 31% |

4.6.8 Pronóstico con variaciones inmediatas

Al detectarse variaciones entre la humedad del día anterior y el actual, se proyectará el valor del día siguiente aplicando la Fórmula 46 y los resultados se muestran en la Tabla 4.22.

$$h(a) = a \pm \Delta \quad (49)$$

Tabla 4.22 Variaciones inmediatas

| Diferencia en valor absoluto | Datos analizados 3'360,581 | Porcentajes |
|------------------------------|----------------------------|-------------|
| Exactamente igual | 149,186 | 4.4% |
| 1 o menos | 435,881 | 13% |
| 2 o menos | 700,044 | 20.8% |
| 3 o menos | 937,376 | 27.9% |
| 4 o menos | 1'152,021 | 34.3% |
| 5 o menos | 1'346,961 | 40.1% |
| 6 o menos | 1'522,956 | 45.3% |
| 7 o menos | 1'682,633 | 50.1% |
| 8 o menos | 1'825,656 | 54.3% |
| 9 o menos | 1'955,635 | 58.2% |
| 10 o menos | 2'074,002 | 61.7% |

CAPÍTULO V RESULTADOS DE LOS ALGORITMOS

Introducción

Los algoritmos del capítulo anterior se implementan en esta sección, en el caso de la energía solar y el índice UV se definió una fórmula en función del día y la hora, en el caso de la temperatura y la humedad se realizaron comparaciones entre diferentes algoritmos y sus respectivos porcentajes de exactitud tomando en cuenta los de más alto porcentaje de exactitud.

5.1 Resultados índice UV Nogales

En la Tabla 5.1 se hace una comparativa del primer día de los años analizados, se agregó en la última columna el pronóstico obtenido con el algoritmo con la Fórmula 3.

Tabla 5.1 Comparativa del día 1 de enero (día 1) de Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:00 a. m. | 0.2 | 0.2 | 0 | 0 |
| 09:30 a. m. | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 |
| 10:00 a. m. | 0.4 | 1.1 | 0 | 1.3 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:30 a. m. | 0.5 | 1.6 | 0.2 | 2 |
| 11:00 a. m. | 0.5 | 2 | 0.8 | 2.5 |
| 11:30 a. m. | 0.6 | 2.3 | 0.9 | 2.8 |
| 12:00 p. m. | 0.6 | 2.6 | 2.1 | 3 |
| 12:30 p. m. | 0.7 | 2.6 | 2.4 | 3.1 |
| 01:00 p. m. | 1 | 2.6 | 2.4 | 2.9 |
| 01:30 p. m. | 1.1 | 2.5 | 1.9 | 2.7 |
| 02:00 p. m. | 2 | 2.2 | 1.5 | 2.3 |
| 02:30 p. m. | 1.6 | 1.9 | 1 | 1.7 |
| 03:00 p. m. | 1 | 1.4 | 1 | 1 |
| 03:30 p. m. | 0.6 | 1 | 0.6 | 0.2 |
| 04:00 p. m. | 0.1 | 0.6 | 0 | 0 |
| 04:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.1 muestra de forma gráfica el comportamiento del índice UV correspondiente a la Tabla 5.1 para los días primeros de cada año analizado.

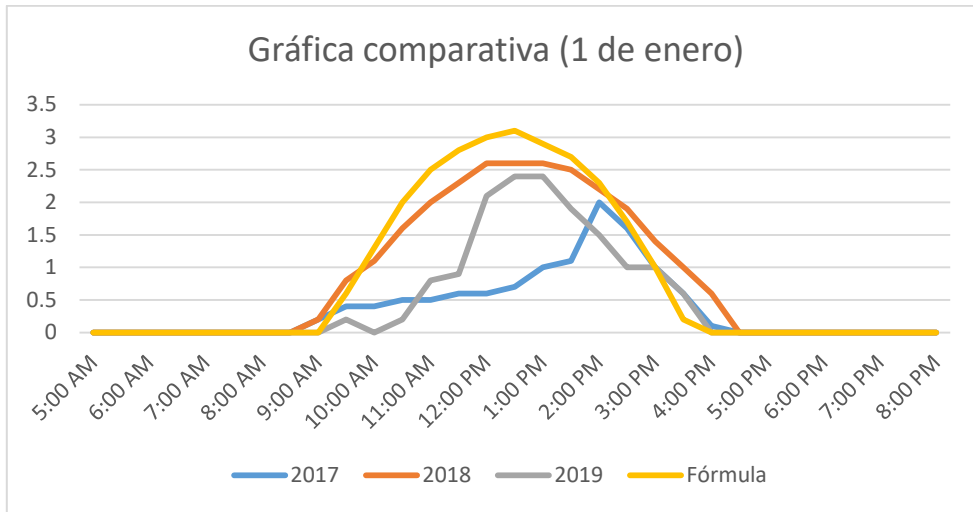


Figura 5.1 Gráfica comparativa del día 1 de enero (día 1) en Nogales

De forma similar se analizó el día 91 de los años 2017, 2018 y 2019, ver Tabla

5.2.

Tabla 5.2 Comparativa día 1 de abril (día 91) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 a. m. | 0.1 | 0 | 0.2 | 0.1 |
| 08:00 a. m. | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 1.2 |
| 08:30 a. m. | 0.9 | 0.9 | 1.3 | 2.2 |
| 09:00 a. m. | 1.7 | 1.6 | 2 | 3.2 |
| 09:30 a. m. | 2.4 | 2.2 | 2.8 | 4 |
| 10:00 a. m. | 3.1 | 2.2 | 3.9 | 4.8 |
| 10:30 a. m. | 3.8 | 2.7 | 3.7 | 5.4 |
| 11:00 a. m. | 4.5 | 3.5 | 4.2 | 5.9 |
| 11:30 a. m. | 5 | 3.2 | 6.4 | 6.3 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 12:00 p. m. | 5.3 | 3.7 | 6.7 | 6.5 |
| 12:30 p. m. | 4.6 | 4.5 | 6.9 | 6.5 |
| 01:00 p. m. | 4.8 | 5.7 | 6.7 | 6.4 |
| 01:30 p. m. | 2.9 | 4.3 | 6.4 | 6.1 |
| 02:00 p. m. | 2.9 | 4.1 | 5.8 | 5.7 |
| 02:30 p. m. | 2.6 | 5.2 | 4.9 | 5.2 |
| 03:00 p. m. | 2.3 | 4.1 | 4 | 4.5 |
| 03:30 p. m. | 2.1 | 2.8 | 3.1 | 3.7 |
| 04:00 p. m. | 1.1 | 1.9 | 2.2 | 2.8 |
| 04:30 p. m. | 0.3 | 1.4 | 1.4 | 1.8 |
| 05:00 p. m. | 0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 |
| 05:30 p. m. | 0 | 0.4 | 0.2 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.2 muestra en forma gráfica los datos de los índices UV que corresponden a la Tabla 5.2 para los días 91 de cada año.

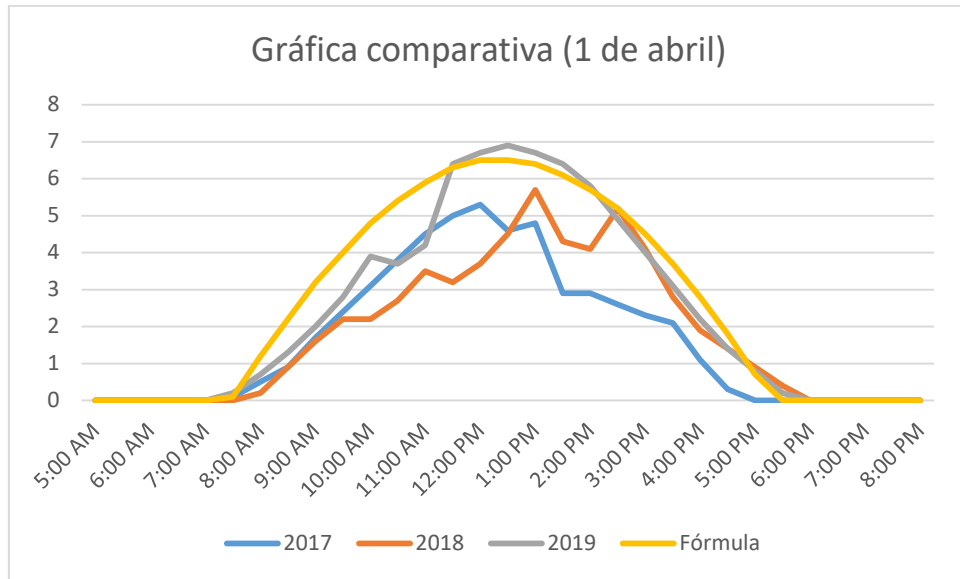


Figura 5.2 Gráfica comparativa día 1 de abril (día 91) en Nogales

Los datos de la Tabla 5.3 corresponden a los días 182 de los años analizados.

Tabla 5.3 Comparativa día 1 de julio (día 182) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0.2 |
| 07:00 a. m. | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 1.4 |
| 07:30 a. m. | 1 | 1 | 1.1 | 2.5 |
| 08:00 a. m. | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 3.6 |
| 08:30 a. m. | 2.6 | 2.4 | 2.7 | 4.7 |
| 09:00 a. m. | 3.6 | 3.3 | 3.7 | 5.6 |
| 09:30 a. m. | 4.7 | 4.3 | 4.8 | 6.5 |
| 10:00 a. m. | 5.8 | 5.3 | 6 | 7.2 |
| 10:30 a. m. | 6.9 | 6.3 | 7 | 7.9 |
| 11:00 a. m. | 7.8 | 7.1 | 7.8 | 8.4 |
| 11:30 a. m. | 8.6 | 7.8 | 8.5 | 8.7 |
| 12:00 p. m. | 9.1 | 8.2 | 8.8 | 8.9 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 12:30 p. m. | 9.2 | 8.4 | 9.3 | 9 |
| 01:00 p. m. | 9.1 | 8.2 | 9.3 | 8.8 |
| 01:30 p. m. | 8.7 | 7.9 | 9 | 8.6 |
| 02:00 p. m. | 7.9 | 7.3 | 8.4 | 8.2 |
| 02:30 p. m. | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 7.6 |
| 03:00 p. m. | 5.7 | 5.2 | 5.7 | 7 |
| 03:30 p. m. | 5 | 4.1 | 4.6 | 6.2 |
| 04:00 p. m. | 4 | 3.2 | 3.6 | 5.2 |
| 04:30 p. m. | 3 | 2.4 | 3 | 4.3 |
| 05:00 p. m. | 2.1 | 1.7 | 2.3 | 3.2 |
| 05:30 p. m. | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 2.1 |
| 06:00 p. m. | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.9 |
| 06:30 p. m. | 0.1 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La gráfica de la Figura 5.3 está relacionada con los datos de la Tabla 5.3 los cuales corresponden al día 183.

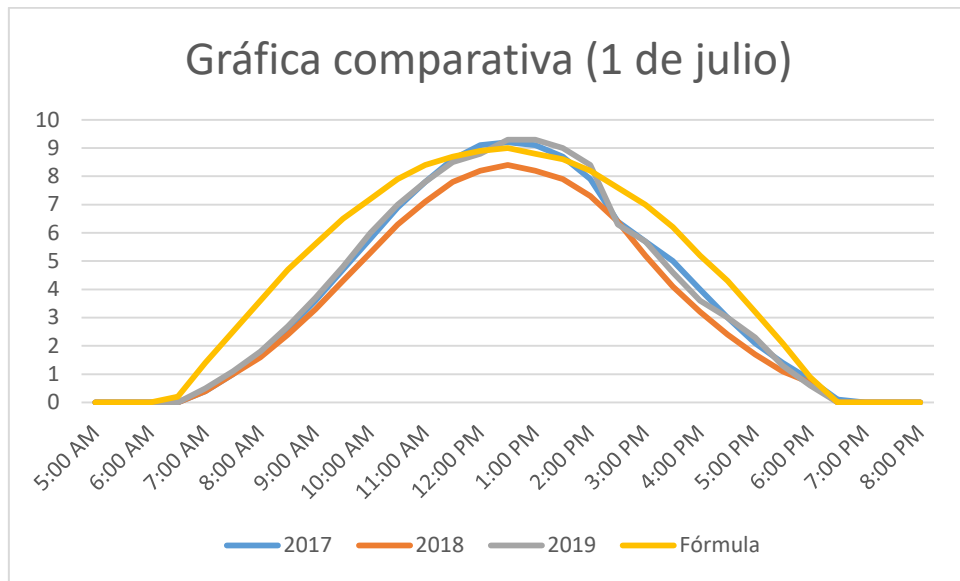


Figura 5.3 Gráfica comparativa día 1 de julio (día 182) en Nogales

Los datos de la Tabla 5.4 corresponden a los días 274 de los años analizados.

Tabla 5.4 Comparativa día 1 de julio (día 274) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 a. m. | 0.1 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 a. m. | 0.7 | 0 | 0.7 | 0.1 |
| 08:30 a. m. | 1.4 | 0.5 | 1.3 | 1.2 |
| 09:00 a. m. | 2.1 | 1.2 | 2.1 | 2.1 |
| 09:30 a. m. | 3 | 1.2 | 3 | 3 |
| 10:00 a. m. | 3.8 | 2.4 | 4 | 3.8 |
| 10:30 a. m. | 4.7 | 2.3 | 4.9 | 4.4 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 11:00 a. m. | 5.4 | 2 | 5.8 | 4.9 |
| 11:30 a. m. | 6 | 2.3 | 6.4 | 5.2 |
| 12:00 p. m. | 6.3 | 1.6 | 6.8 | 5.4 |
| 12:30 p. m. | 6.4 | 1 | 6.9 | 5.5 |
| 01:00 p. m. | 6.2 | 2.1 | 6.7 | 5.4 |
| 01:30 p. m. | 5.7 | 1.9 | 6.3 | 5.1 |
| 02:00 p. m. | 5.1 | 2.1 | 5.7 | 4.7 |
| 02:30 p. m. | 4.3 | 2.6 | 4.7 | 4.1 |
| 03:00 p. m. | 3.3 | 2.5 | 3.5 | 3.5 |
| 03:30 p. m. | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.7 |
| 04:00 p. m. | 1.7 | 1.2 | 2 | 1.8 |
| 04:30 p. m. | 1.1 | 0.9 | 1.2 | 0.8 |
| 05:00 p. m. | 0.4 | 0.1 | 0.6 | 0 |
| 05:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La gráfica de la Figura 5.4 está relacionada con los datos de la Tabla 5.4 los cuales corresponden al día 274 de la estación Nogales.

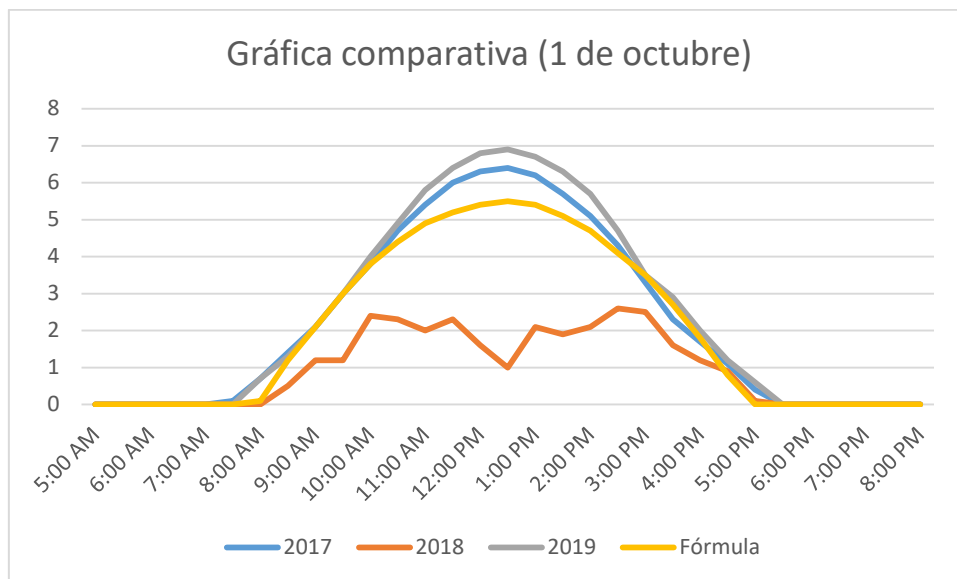


Figura 5.4 Gráfica comparativa día 1 de octubre (día 274) en Nogales

5.2 Resultados índice UV Magdalena

La Tabla 5.5 muestra una comparativa entre las lecturas obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 6 para la ciudad de Magdalena.

Tabla 5.5 Comparativa día 7 de enero (día 7) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 a. m. | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0 |
| 08:30 a. m. | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0 |
| 09:00 a. m. | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0 |
| 09:30 a. m. | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 0.6 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:00 a. m. | 1.9 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 10:30 a. m. | 2.6 | 1.7 | 1.5 | 2 |
| 11:00 a. m. | 3.1 | 2.1 | 1.5 | 2.5 |
| 11:30 a. m. | 3.8 | 2.4 | 2 | 2.9 |
| 12:00 p. m. | 4.2 | 2.5 | 2.3 | 3.1 |
| 12:30 p. m. | 3.8 | 2.4 | 2.7 | 3.2 |
| 01:00 p. m. | 4 | 2.1 | 2.7 | 3 |
| 01:30 p. m. | 4.1 | 2.2 | 2.5 | 2.8 |
| 02:00 p. m. | 3.3 | 2.4 | 2.3 | 2.3 |
| 02:30 p. m. | 2.2 | 2.1 | 2 | 1.8 |
| 03:00 p. m. | 2.5 | 1.4 | 1.7 | 1 |
| 03:30 p. m. | 2.1 | 1.3 | 1.3 | 0.2 |
| 04:00 p. m. | 1.5 | 1.1 | 1 | 0 |
| 04:30 p. m. | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 0 |
| 05:00 p. m. | 0.7 | 0 | 0.6 | 0 |
| 05:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La gráfica de la Figura 5.5 está relacionada con los datos de la comparativa de la Tabla 5.5 que corresponden al día 7 del año de la estación Magdalena.

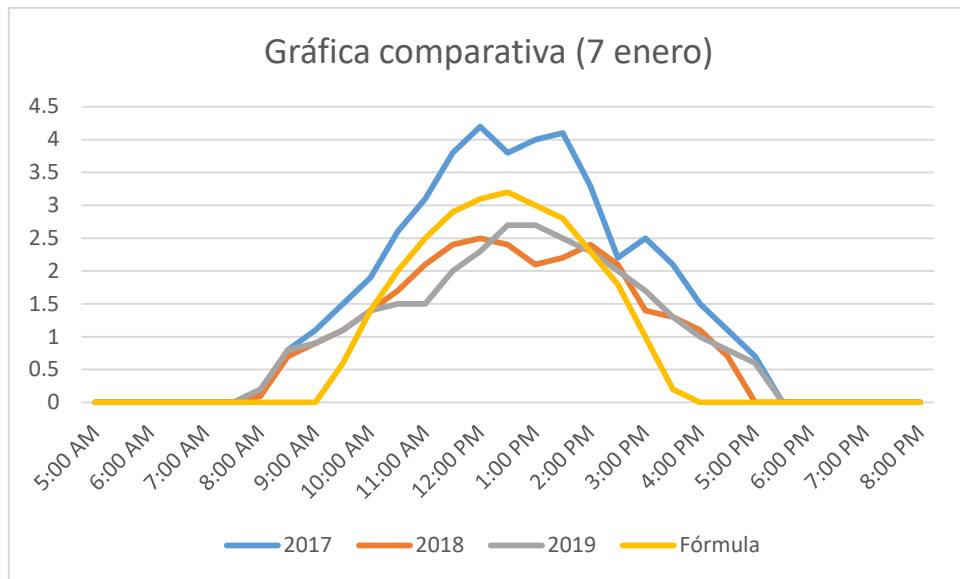


Figura 5.5 Gráfica comparativa día 7 de enero (día 7) en Magdalena.

La Tabla 5.6 compara las lecturas obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 6 para la ciudad de Magdalena el día 97 del año.

Tabla 5.6 Comparativa día 7 de abril (día 97) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0 |
| 07:30 a. m. | 1.1 | 1 | 0.9 | 0 |
| 08:00 a. m. | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 0.5 |
| 08:30 a. m. | 2.2 | 1.8 | 1.5 | 1.6 |
| 09:00 a. m. | 3.1 | 2.5 | 2.1 | 2.6 |
| 09:30 a. m. | 4.1 | 3 | 2.7 | 3.5 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:00 a. m. | 5.3 | 3.1 | 3.3 | 4.3 |
| 10:30 a. m. | 6.4 | 4.3 | 3.3 | 4.9 |
| 11:00 a. m. | 7.5 | 3.7 | 4.5 | 5.4 |
| 11:30 a. m. | 8.4 | 5.2 | 5.1 | 5.8 |
| 12:00 p. m. | 9 | 4 | 5.5 | 6 |
| 12:30 p. m. | 9.1 | 6.3 | 4.8 | 6.1 |
| 01:00 p. m. | 9.2 | 6.5 | 5.7 | 6 |
| 01:30 p. m. | 7.8 | 5.9 | 5.5 | 5.7 |
| 02:00 p. m. | 7.7 | 5.3 | 5.1 | 5.3 |
| 02:30 p. m. | 7.2 | 5.1 | 4.5 | 4.7 |
| 03:00 p. m. | 5.9 | 0.8 | 3.9 | 4 |
| 03:30 p. m. | 4.6 | 1.7 | 3.2 | 3.1 |
| 04:00 p. m. | 3.7 | 2.8 | 2.6 | 2.2 |
| 04:30 p. m. | 2.8 | 2.2 | 2 | 1.1 |
| 05:00 p. m. | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 0 |
| 05:30 p. m. | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0.9 | 1 | 0.9 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.6 muestra los datos de forma gráfica de la comparativa de la Tabla 5.6 que corresponden al día 97 del año de la estación Magdalena.

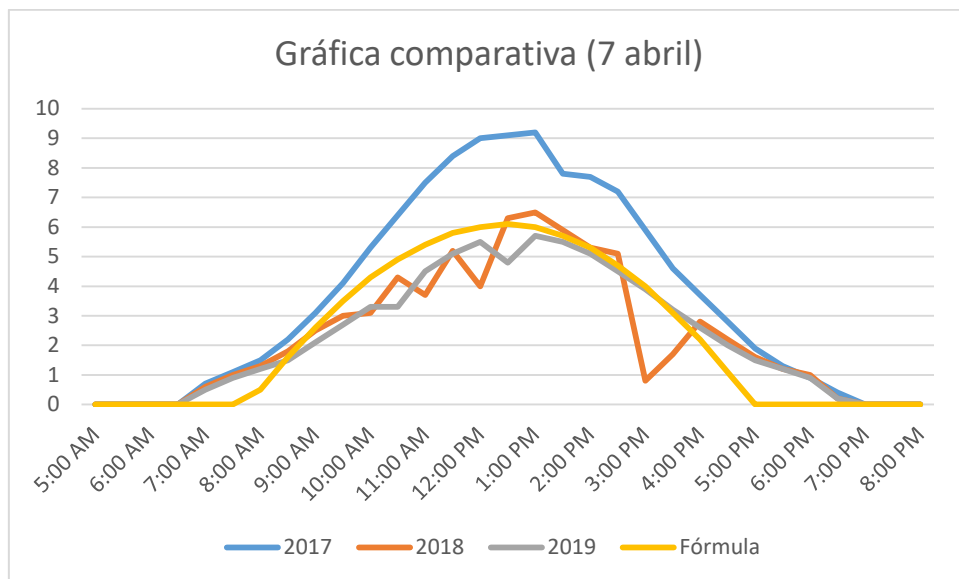


Figura 5.6 Gráfica comparativa día 7 de abril (día 97) en Magdalena.

La Tabla 5.7 compara las lecturas obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la F6rmula 6 para la ciudad de Magdalena el día 158 del a1o.

Tabla 5.7 Tabla comparativa día 7 de julio (día 158) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | F6rmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0.6 | 0.7 | 0 | 0.2 |
| 07:00 a. m. | 1 | 0.9 | 0.2 | 1.5 |
| 07:30 a. m. | 1.3 | 1.2 | 0.7 | 2.7 |
| 08:00 a. m. | 1.9 | 1.6 | 1.1 | 3.8 |
| 08:30 a. m. | 2.6 | 2.1 | 1.6 | 4.9 |
| 09:00 a. m. | 3.4 | 2.7 | 2.2 | 5.9 |
| 09:30 a. m. | 4.4 | 3.4 | 2.8 | 6.8 |
| 10:00 a. m. | 5.4 | 4.1 | 3.5 | 7.6 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:30 a. m. | 6.4 | 4.9 | 4.3 | 8.3 |
| 11:00 a. m. | 7.4 | 5.6 | 4.9 | 8.8 |
| 11:30 a. m. | 8.1 | 6.1 | 5.2 | 9.2 |
| 12:00 p. m. | 8.6 | 6.6 | 6 | 9.4 |
| 12:30 p. m. | 8.6 | 6.8 | 6.2 | 9.4 |
| 01:00 p. m. | 8.5 | 6 | 6.1 | 9.3 |
| 01:30 p. m. | 7.7 | 4.4 | 5.4 | 9.1 |
| 02:00 p. m. | 7.1 | 3.4 | 4.7 | 8.6 |
| 02:30 p. m. | 6.9 | 4.1 | 4.3 | 8 |
| 03:00 p. m. | 6 | 3.2 | 4.4 | 7.3 |
| 03:30 p. m. | 5 | 1.9 | 3.7 | 6.5 |
| 04:00 p. m. | 4 | 2.2 | 3 | 5.5 |
| 04:30 p. m. | 3.1 | 1.6 | 2.3 | 4.5 |
| 05:00 p. m. | 2.3 | 1.7 | 1.7 | 3.4 |
| 05:30 p. m. | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 2.2 |
| 06:00 p. m. | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 1 |
| 06:30 p. m. | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0.1 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.7 muestra los datos de forma gráfica de la comparativa de la Tabla 5.7 que corresponden al día 158 del año de la estación Magdalena.

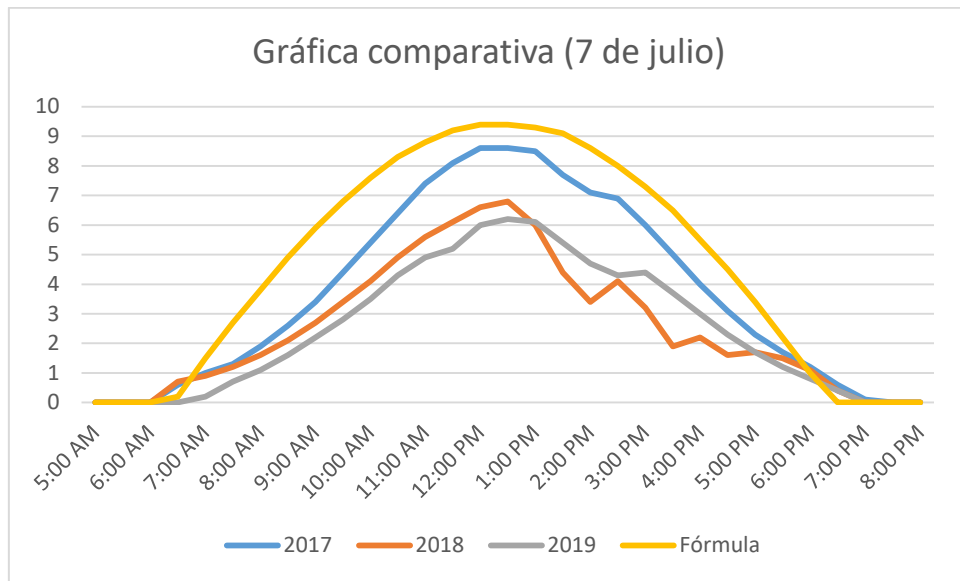


Figura 5.7 Gráfica comparativa día 7 de julio (día 158) en Magdalena.

La Tabla 5.8 hace una comparación de las lecturas obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 6 para la ciudad de Magdalena el día 280 del año.

Tabla 5.8 Comparativa día 7 de octubre (día 280) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 a. m. | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0 |
| 07:30 a. m. | 0.6 | 0.6 | 1.3 | 0 |
| 08:00 a. m. | 0.9 | 0.8 | 1.5 | 0.9 |
| 08:30 a. m. | 1.4 | 1.2 | 1.8 | 2 |
| 09:00 a. m. | 2 | 1.4 | 2.2 | 3 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 09:30 a. m. | 2.7 | 1.5 | 2.7 | 3.9 |
| 10:00 a. m. | 3.5 | 2.1 | 3.3 | 4.7 |
| 10:30 a. m. | 4.3 | 2.6 | 3.8 | 5.4 |
| 11:00 a. m. | 4.9 | 2.9 | 4.3 | 5.9 |
| 11:30 a. m. | 5.5 | 3 | 4.7 | 6.2 |
| 12:00 p. m. | 5.8 | 4.7 | 4.9 | 6.5 |
| 12:30 p. m. | 5.9 | 4.3 | 4.9 | 6.5 |
| 01:00 p. m. | 5.7 | 4.1 | 4.9 | 6.4 |
| 01:30 p. m. | 5.4 | 3.2 | 4.6 | 6.1 |
| 02:00 p. m. | 4.7 | 2.9 | 4.1 | 5.7 |
| 02:30 p. m. | 3.4 | 2.1 | 3.6 | 5.1 |
| 03:00 p. m. | 3.2 | 1.9 | 3 | 4.4 |
| 03:30 p. m. | 2.5 | 2 | 2.4 | 3.6 |
| 04:00 p. m. | 1.9 | 1.3 | 1.9 | 2.6 |
| 04:30 p. m. | 1.3 | 1 | 1.5 | 1.6 |
| 05:00 p. m. | 0.8 | 0.8 | 1.2 | 0.4 |
| 05:30 p. m. | 0.6 | 0.4 | 1 | 0 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.8 muestra los datos de forma gráfica de la comparativa de la Tabla 5.8 que corresponden al día 280 del año de la estación Magdalena.

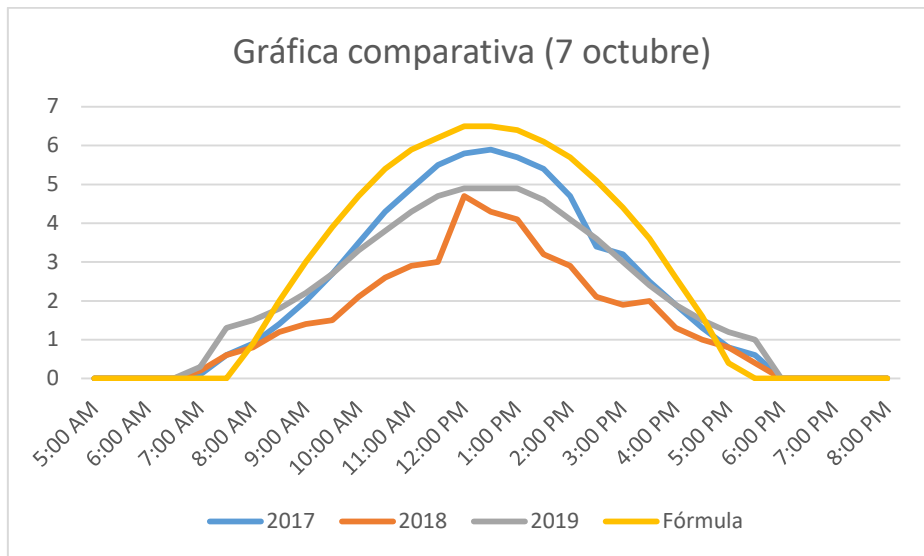


Figura 5.8 Gráfica comparativa día 7 de octubre (día 280) en Magdalena.

5.3 Resultados energía solar Nogales

La Tabla 5.9 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 7 para la ciudad de Nogales el día 10 del año.

Tabla 5.9 Tabla comparativa día 10 de enero (día 10) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 16.8 |
| 07:00 a. m. | 5 | 3 | 3 | 97.9 |
| 07:30 a. m. | 36 | 18 | 11 | 177.3 |
| 08:00 a. m. | 67 | 25 | 15 | 253.6 |
| 08:30 a. m. | 168 | 49 | 25 | 325.6 |
| 09:00 a. m. | 323 | 57 | 51 | 392 |
| 09:30 a. m. | 355 | 110 | 80 | 451.8 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-------|
| 10:00 a. m. | 501 | 143 | 73 | 503.8 |
| 10:30 a. m. | 484 | 175 | 97 | 547.2 |
| 11:00 a. m. | 514 | 233 | 127 | 581.2 |
| 11:30 a. m. | 574 | 298 | 130 | 605.3 |
| 12:00 p. m. | 536 | 218 | 162 | 619 |
| 12:30 p. m. | 549 | 191 | 160 | 622.1 |
| 01:00 p. m. | 544 | 173 | 168 | 614.6 |
| 01:30 p. m. | 521 | 197 | 141 | 596.5 |
| 02:00 p. m. | 474 | 185 | 123 | 568.3 |
| 02:30 p. m. | 409 | 174 | 123 | 530.3 |
| 03:00 p. m. | 352 | 346 | 98 | 483.3 |
| 03:30 p. m. | 269 | 393 | 64 | 428 |
| 04:00 p. m. | 148 | 156 | 56 | 365.4 |
| 04:30 p. m. | 84 | 44 | 27 | 296.5 |
| 05:00 p. m. | 39 | 16 | 6 | 222.5 |
| 05:30 p. m. | 9 | 0 | 0 | 144.8 |
| 06:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 64.5 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.9 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.9 que corresponden al día 10 del año de la estación Nogales.

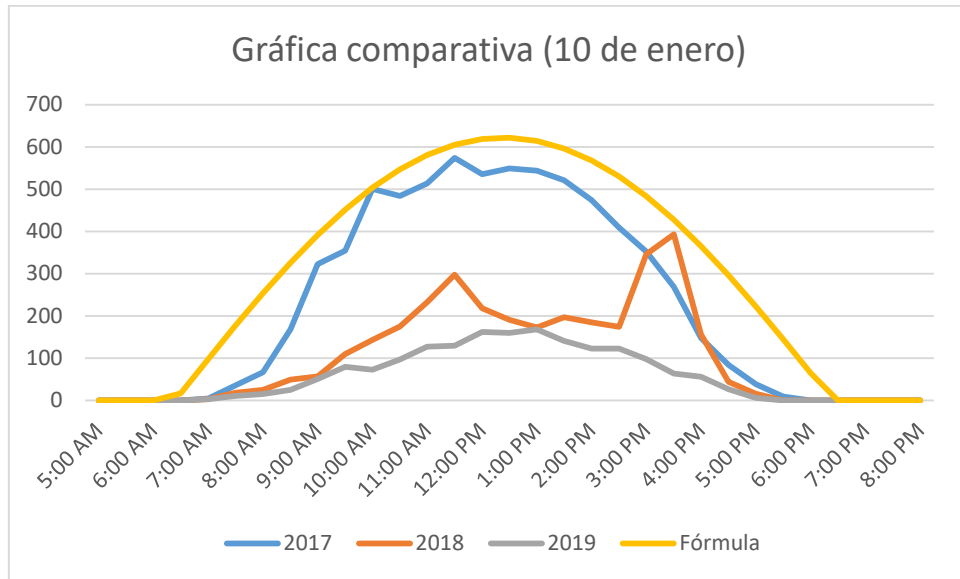


Figura 5.9 Gráfica comparativa día 10 de enero (día 10) en Nogales

La Tabla 5.10 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 7 para la ciudad de Nogales el día 100 del año.

Tabla 5.10 Tabla comparativa día 10 de abril (día 100) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 1 | 1 | 3 | 0 |
| 06:30 a. m. | 39 | 38 | 55 | 24 |
| 07:00 a. m. | 150 | 128 | 172 | 139.4 |
| 07:30 a. m. | 280 | 243 | 299 | 252.5 |
| 08:00 a. m. | 401 | 382 | 418 | 361.3 |
| 08:30 a. m. | 516 | 495 | 532 | 463.9 |
| 09:00 a. m. | 620 | 604 | 638 | 558.5 |
| 09:30 a. m. | 717 | 703 | 727 | 643.6 |
| 10:00 a. m. | 802 | 786 | 808 | 717.7 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-------|
| 10:30 a. m. | 867 | 856 | 874 | 779.5 |
| 11:00 a. m. | 911 | 910 | 924 | 828 |
| 11:30 a. m. | 945 | 944 | 952 | 862.3 |
| 12:00 p. m. | 971 | 950 | 976 | 881.8 |
| 12:30 p. m. | 991 | 965 | 973 | 886.3 |
| 01:00 p. m. | 955 | 953 | 958 | 875.6 |
| 01:30 p. m. | 918 | 915 | 924 | 849.9 |
| 02:00 p. m. | 875 | 865 | 874 | 809.7 |
| 02:30 p. m. | 818 | 806 | 808 | 755.6 |
| 03:00 p. m. | 622 | 733 | 730 | 688.6 |
| 03:30 p. m. | 646 | 646 | 638 | 609.8 |
| 04:00 p. m. | 558 | 537 | 535 | 520.5 |
| 04:30 p. m. | 443 | 423 | 425 | 422.4 |
| 05:00 p. m. | 329 | 302 | 311 | 317 |
| 05:30 p. m. | 219 | 125 | 185 | 206.2 |
| 06:00 p. m. | 92 | 104 | 65 | 91.9 |
| 06:30 p. m. | 24 | 37 | 15 | 0 |
| 07:00 p. m. | 5 | 9 | 2 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.10 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.10 que corresponden al día 100 del año de la estación Nogales.

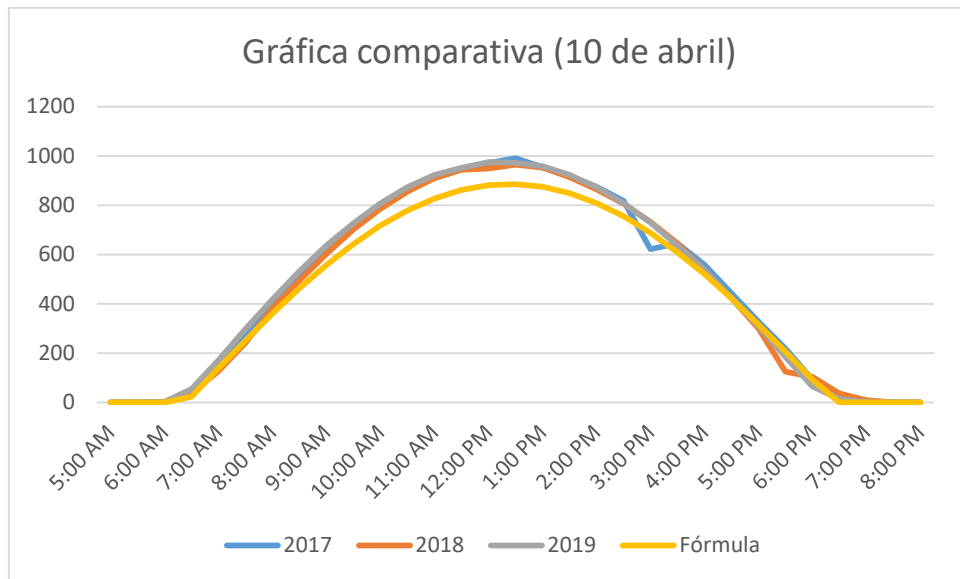


Figura 5.10 Gráfica comparativa día 10 de abril (día 100) en Nogales

La Tabla 5.11 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 7 para la ciudad de Nogales el día 191 del año.

Tabla 5.11 Tabla comparativa día 10 de julio (día 191) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 06:00 a. m. | 23 | 15 | 38 | 0 |
| 06:30 a. m. | 109 | 61 | 95 | 27.5 |
| 07:00 a. m. | 217 | 174 | 133 | 160.3 |
| 07:30 a. m. | 311 | 235 | 319 | 290.4 |
| 08:00 a. m. | 416 | 221 | 437 | 415.4 |
| 08:30 a. m. | 522 | 304 | 541 | 533.4 |
| 09:00 a. m. | 611 | 265 | 643 | 642.2 |
| 09:30 a. m. | 695 | 318 | 734 | 740.1 |
| 10:00 a. m. | 771 | 353 | 847 | 825.3 |

| | | | | |
|-------------|------|-----|------|--------|
| 10:30 a. m. | 833 | 502 | 951 | 896.3 |
| 11:00 a. m. | 882 | 556 | 1033 | 952 |
| 11:30 a. m. | 922 | 602 | 1040 | 991.5 |
| 12:00 p. m. | 944 | 452 | 868 | 1013.9 |
| 12:30 p. m. | 962 | 128 | 999 | 1019.1 |
| 01:00 p. m. | 1006 | 144 | 827 | 1006.8 |
| 01:30 p. m. | 499 | 120 | 1085 | 977.2 |
| 02:00 p. m. | 136 | 91 | 770 | 931 |
| 02:30 p. m. | 103 | 129 | 921 | 868.8 |
| 03:00 p. m. | 47 | 177 | 452 | 791.7 |
| 03:30 p. m. | 17 | 129 | 177 | 701.1 |
| 04:00 p. m. | 10 | 121 | 218 | 598.5 |
| 04:30 p. m. | 7 | 159 | 203 | 485.7 |
| 05:00 p. m. | 7 | 142 | 276 | 364.5 |
| 05:30 p. m. | 9 | 119 | 124 | 237.1 |
| 06:00 p. m. | 9 | 102 | 75 | 105.7 |
| 06:30 p. m. | 9 | 75 | 42 | 0 |
| 07:00 p. m. | 4 | 33 | 39 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 5 | 8 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.11 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.11 que corresponden al día 191 del año de la estación Nogales.

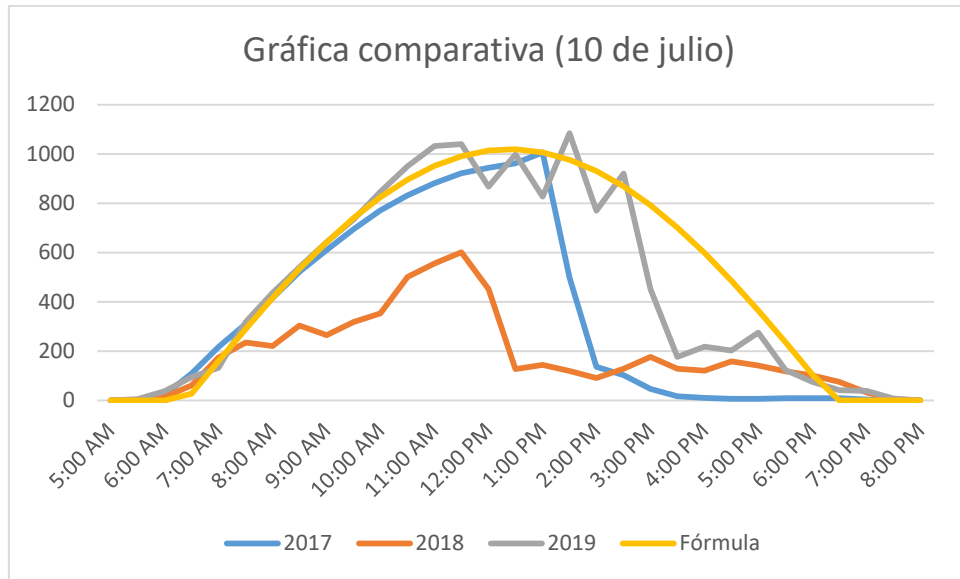


Figura 5.11 Gráfica comparativa día 10 de julio (día 191) en Nogales

La Tabla 5.12 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 7 para la ciudad de Nogales el día 283 del año.

Tabla 5.12 Tabla comparativa día 10 de octubre (día 283) en Nogales

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 2 | 4 | 2 | 20.3 |
| 07:00 a. m. | 46 | 73 | 26 | 118.2 |
| 07:30 a. m. | 152 | 191 | 112 | 214.1 |
| 08:00 a. m. | 264 | 297 | 219 | 306.3 |
| 08:30 a. m. | 374 | 411 | 339 | 393.3 |
| 09:00 a. m. | 479 | 516 | 444 | 473.5 |
| 09:30 a. m. | 572 | 605 | 538 | 545.7 |
| 10:00 a. m. | 654 | 679 | 618 | 608.5 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-------|
| 10:30 a. m. | 720 | 738 | 688 | 660.9 |
| 11:00 a. m. | 768 | 782 | 740 | 702 |
| 11:30 a. m. | 799 | 813 | 781 | 731.1 |
| 12:00 p. m. | 809 | 856 | 801 | 747.6 |
| 12:30 p. m. | 801 | 895 | 808 | 751.4 |
| 01:00 p. m. | 786 | 778 | 798 | 742.3 |
| 01:30 p. m. | 745 | 813 | 768 | 720.5 |
| 02:00 p. m. | 690 | 713 | 724 | 686.4 |
| 02:30 p. m. | 626 | 433 | 661 | 640.6 |
| 03:00 p. m. | 547 | 431 | 586 | 583.8 |
| 03:30 p. m. | 458 | 461 | 496 | 517 |
| 04:00 p. m. | 355 | 342 | 399 | 441.3 |
| 04:30 p. m. | 248 | 231 | 296 | 358.1 |
| 05:00 p. m. | 129 | 106 | 182 | 268.8 |
| 05:30 p. m. | 37 | 26 | 70 | 174.9 |
| 06:00 p. m. | 9 | 6 | 12 | 77.9 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.12 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.12 que corresponden al día 283 del año de la estación Nogales.

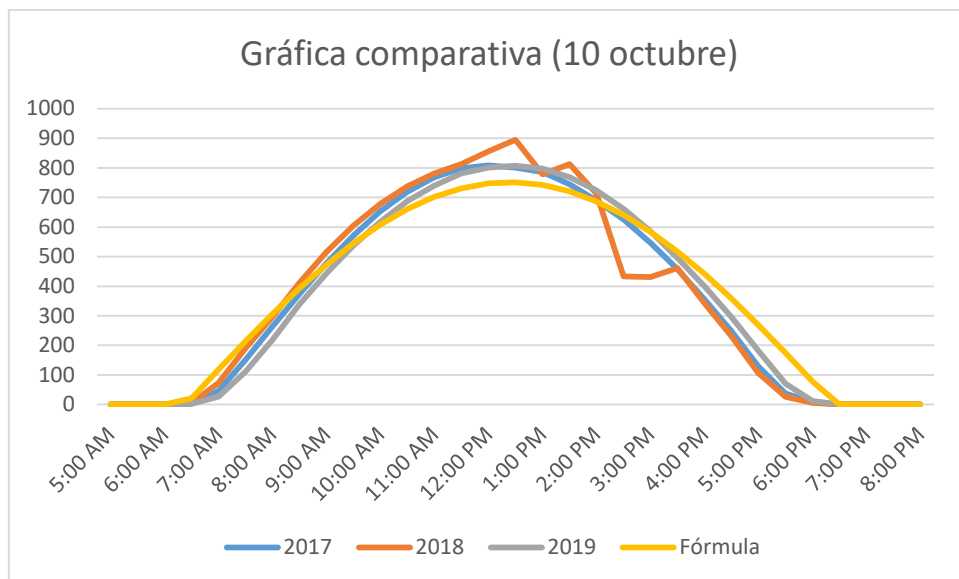


Figura 5.12 Gráfica comparativa día 10 de octubre (día 283) en Nogales

5.4 Resultados energía solar Magdalena

La Tabla 5.13 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 8 para la ciudad de Magdalena el día 10 del año.

Tabla 5.13 Tabla comparativa día 10 de enero (día 10) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 07:00 a. m. | 0 | 4 | 0 | 104 |
| 07:30 a. m. | 3 | 39 | 2 | 188 |
| 08:00 a. m. | 40 | 107 | 12 | 269 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 08:30 a. m. | 147 | 162 | 13 | 345 |
| 09:00 a. m. | 235 | 188 | 23 | 416 |
| 09:30 a. m. | 277 | 339 | 34 | 479 |
| 10:00 a. m. | 195 | 380 | 54 | 535 |
| 10:30 a. m. | 404 | 689 | 69 | 581 |
| 11:00 a. m. | 496 | 341 | 97 | 617 |
| 11:30 a. m. | 491 | 503 | 147 | 642 |
| 12:00 p. m. | 503 | 396 | 123 | 657 |
| 12:30 p. m. | 518 | 152 | 158 | 660 |
| 01:00 p. m. | 576 | 571 | 233 | 652 |
| 01:30 p. m. | 651 | 716 | 219 | 633 |
| 02:00 p. m. | 495 | 615 | 221 | 603 |
| 02:30 p. m. | 505 | 178 | 151 | 563 |
| 03:00 p. m. | 466 | 139 | 125 | 513 |
| 03:30 p. m. | 309 | 296 | 82 | 454 |
| 04:00 p. m. | 226 | 179 | 54 | 388 |
| 04:30 p. m. | 144 | 54 | 40 | 315 |
| 05:00 p. m. | 90 | 13 | 33 | 236 |
| 05:30 p. m. | 22 | 0 | 15 | 154 |
| 06:00 p. m. | 4 | 0 | 6 | 69 |
| 06:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.13 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.13 que corresponden al día 10 del año de la estación Magdalena.

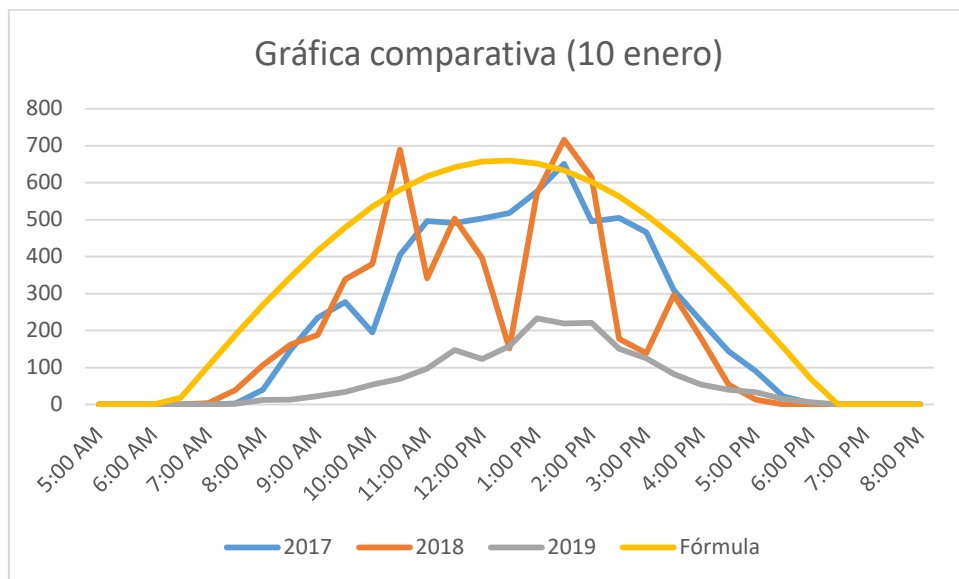


Figura 5.13 Gráfica comparativa día 10 de enero (día 10) en Magdalena

La Tabla 5.14 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 8 para la ciudad de Magdalena el día 100 del año.

Tabla 5.14 Tabla comparativa día 10 de abril (día 100) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 19 | 22 | 17 | 24 |
| 07:00 a. m. | 109 | 101 | 77 | 139 |
| 07:30 a. m. | 238 | 217 | 198 | 252 |
| 08:00 a. m. | 357 | 340 | 334 | 361 |
| 08:30 a. m. | 467 | 454 | 456 | 464 |
| 09:00 a. m. | 571 | 559 | 572 | 559 |
| 09:30 a. m. | 670 | 655 | 666 | 644 |
| 10:00 a. m. | 755 | 738 | 753 | 718 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:30 a. m. | 826 | 810 | 825 | 780 |
| 11:00 a. m. | 884 | 869 | 882 | 828 |
| 11:30 a. m. | 929 | 913 | 923 | 863 |
| 12:00 p. m. | 956 | 940 | 955 | 882 |
| 12:30 p. m. | 964 | 948 | 976 | 887 |
| 01:00 p. m. | 959 | 924 | 967 | 876 |
| 01:30 p. m. | 929 | 912 | 940 | 850 |
| 02:00 p. m. | 890 | 877 | 655 | 810 |
| 02:30 p. m. | 816 | 805 | 777 | 756 |
| 03:00 p. m. | 196 | 110 | 696 | 689 |
| 03:30 p. m. | 555 | 331 | 694 | 610 |
| 04:00 p. m. | 589 | 578 | 560 | 521 |
| 04:30 p. m. | 493 | 465 | 392 | 423 |
| 05:00 p. m. | 382 | 331 | 372 | 318 |
| 05:30 p. m. | 260 | 264 | 289 | 207 |
| 06:00 p. m. | 136 | 136 | 178 | 92 |
| 06:30 p. m. | 47 | 44 | 64 | 0 |
| 07:00 p. m. | 7 | 12 | 8 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.14 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.14 que corresponden al día 100 del año de la estación Magdalena.

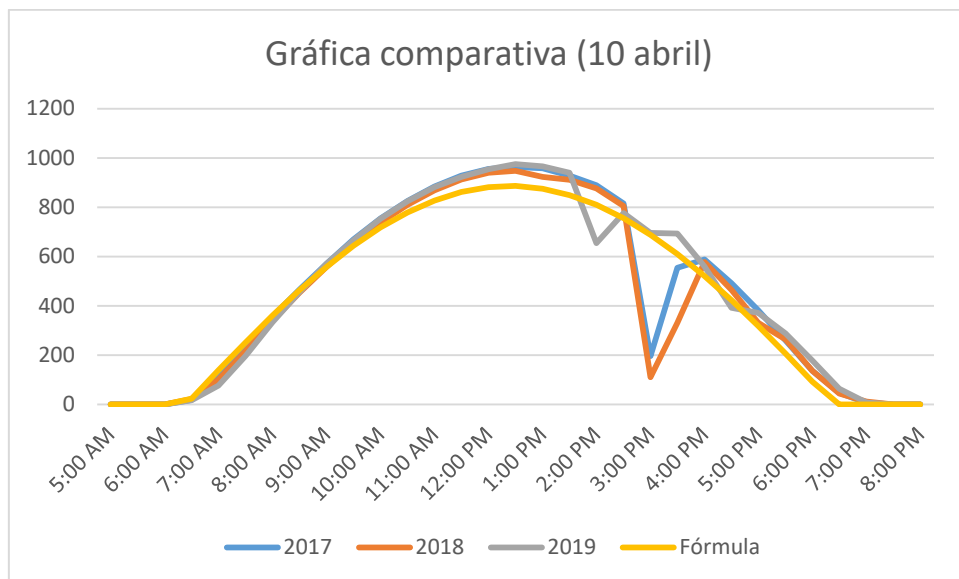


Figura 5.14 Gráfica comparativa día 10 de abril (día 100) en Magdalena

La Tabla 5.15 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 8 para la ciudad de Magdalena el día 191 del año.

Tabla 5.15 Tabla comparativa día 10 de julio (día 191) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 24 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 83 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 141 | 9 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 290 | 49 | 17 | 27 |
| 07:00 a. m. | 392 | 90 | 82 | 157 |
| 07:30 a. m. | 489 | 128 | 190 | 285 |
| 08:00 a. m. | 582 | 167 | 299 | 408 |
| 08:30 a. m. | 672 | 318 | 402 | 523 |
| 09:00 a. m. | 747 | 376 | 502 | 630 |
| 09:30 a. m. | 805 | 446 | 599 | 726 |
| 10:00 a. m. | 817 | 451 | 703 | 810 |

| | | | | |
|-------------|-----|------|------|------|
| 10:30 a. m. | 829 | 571 | 836 | 880 |
| 11:00 a. m. | 841 | 924 | 655 | 935 |
| 11:30 a. m. | 853 | 723 | 650 | 973 |
| 12:00 p. m. | 888 | 809 | 936 | 996 |
| 12:30 p. m. | 913 | 1058 | 1017 | 1001 |
| 01:00 p. m. | 924 | 616 | 941 | 989 |
| 01:30 p. m. | 926 | 816 | 791 | 960 |
| 02:00 p. m. | 917 | 717 | 765 | 914 |
| 02:30 p. m. | 939 | 703 | 485 | 853 |
| 03:00 p. m. | 940 | 380 | 505 | 778 |
| 03:30 p. m. | 575 | 262 | 496 | 689 |
| 04:00 p. m. | 109 | 253 | 811 | 588 |
| 04:30 p. m. | 4 | 204 | 703 | 477 |
| 05:00 p. m. | 0 | 86 | 714 | 358 |
| 05:30 p. m. | 0 | 49 | 566 | 233 |
| 06:00 p. m. | 0 | 23 | 344 | 104 |
| 06:30 p. m. | 0 | 17 | 234 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 8 | 72 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 17 | 0 |
| 08:00 p. m. | 1 | 0 | 5 | 0 |

La Figura 5.15 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.15 que corresponden al día 191 del año de la estación Magdalena.

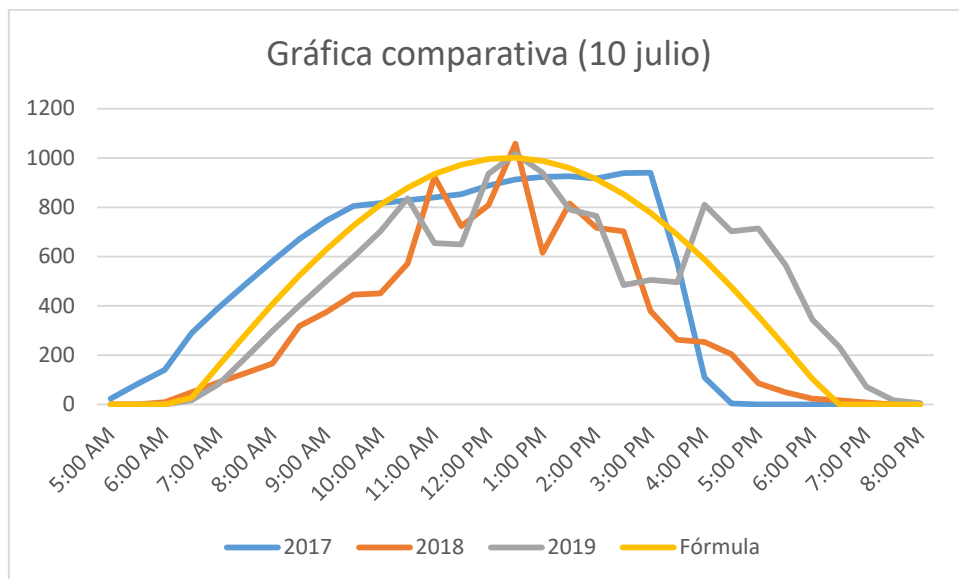


Figura 5.15 Gráfica comparativa día 10 de julio (día 191) en Magdalena

La Tabla 5.16 compara las lecturas de energía solar obtenidas en 3 años analizados y datos generados por la Fórmula 8 para la ciudad de Magdalena el día 283 del año.

Tabla 5.16 Tabla comparativa día 10 de octubre (día 283) en Magdalena

| Hora | 2017 | 2018 | 2019 | Fórmula |
|-------------|------|------|------|---------|
| 05:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 a. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 a. m. | 1 | 2 | 2 | 21 |
| 07:00 a. m. | 27 | 32 | 39 | 121 |
| 07:30 a. m. | 117 | 130 | 131 | 219 |
| 08:00 a. m. | 231 | 255 | 231 | 314 |
| 08:30 a. m. | 337 | 364 | 275 | 403 |
| 09:00 a. m. | 435 | 462 | 433 | 486 |
| 09:30 a. m. | 527 | 550 | 558 | 560 |
| 10:00 a. m. | 607 | 629 | 641 | 624 |

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 10:30 a. m. | 678 | 698 | 710 | 678 |
| 11:00 a. m. | 731 | 715 | 767 | 720 |
| 11:30 a. m. | 772 | 822 | 804 | 750 |
| 12:00 p. m. | 791 | 630 | 829 | 767 |
| 12:30 p. m. | 794 | 630 | 830 | 771 |
| 01:00 p. m. | 786 | 353 | 821 | 762 |
| 01:30 p. m. | 757 | 746 | 791 | 740 |
| 02:00 p. m. | 711 | 704 | 746 | 705 |
| 02:30 p. m. | 652 | 540 | 685 | 658 |
| 03:00 p. m. | 578 | 500 | 610 | 599 |
| 03:30 p. m. | 494 | 494 | 524 | 531 |
| 04:00 p. m. | 403 | 399 | 430 | 453 |
| 04:30 p. m. | 305 | 297 | 326 | 368 |
| 05:00 p. m. | 198 | 173 | 217 | 276 |
| 05:30 p. m. | 86 | 78 | 93 | 180 |
| 06:00 p. m. | 19 | 14 | 19 | 80 |
| 06:30 p. m. | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:00 p. m. | 0 | 0 | 0 | 0 |

La Figura 5.16 muestra los datos de forma gráfica de la Tabla 5.16 que corresponden al día 283 del año de la estación Magdalena.

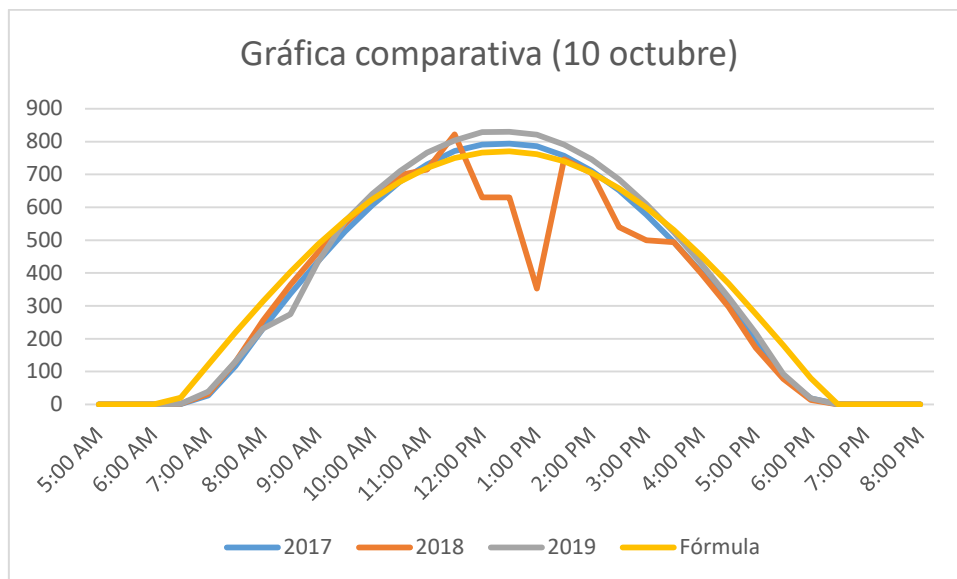


Figura 5.16 Gráfica comparativa día 10 de octubre (día 283) en Magdalena

5.5 Resultados del análisis de la temperatura en Nogales

En forma resumida y en porcentajes se hace un comparativo general en la Tabla 5.17 entre los resultados generados por las diferentes fórmulas, se marcan en negritas los porcentajes más altos, esto indica que una de las mejores formas de predecir la temperatura del día siguiente para una estación meteorológica es considerarla muy similar a la del día actual.

Tabla 5.17 Comparativa de temperaturas de Nogales

| Rangos | Igual a día anterior | Promedio de 2 días | Tendencia de 2 días | Tendencia de 3 días | Tendencia de 4 días | Tendencia de 5 días | Ajuste a 3 puntos | Diferencia inmediata |
|--------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 1.7% | 0.7% | 0.5% | 0.1% | 0.3% | 0.1% | 0.1% | 1.1% |
| 0 a 1 | 32.3% | 29.6% | 23.8% | 23.2% | 23.3% | 22.9% | 13.8% | 34.5% |
| 0 a 2 | 56.6% | 52.4% | 43.3% | 43.3% | 43.8% | 43.4% | 26.8% | 56.9% |

| | | | | | | | | |
|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 a 3 | 73.7% | 69.4% | 58.6% | 59.8% | 60.3% | 59.9% | 38.7% | 71.7% |
| 0 a 4 | 84.4% | 80.7% | 70.2% | 71.9% | 72.5% | 71.9% | 48.7% | 81.3% |
| 0 a 5 | 90.5% | 88.1% | 78.6% | 80.6% | 81.1% | 80.8% | 57.5% | 87.5% |
| 0 a 6 | 94.2% | 92.8% | 84.4% | 86.7% | 87.3% | 87.2% | 65.0% | 91.5% |
| 0 a 7 | 96.6% | 95.7% | 88.7% | 91.0% | 91.6% | 91.6% | 71.0% | 94.1% |
| 0 a 8 | 97.9% | 97.5% | 91.9% | 93.9% | 94.5% | 94.7% | 76.0% | 95.9% |
| 0 a 9 | 98.8% | 98.6% | 94.2% | 96.0% | 96.4% | 96.6% | 80.1% | 97.2% |
| 0 a 10 | 99.3% | 99.2% | 95.8% | 97.4% | 97.7% | 97.9% | 83.7% | 98.2% |

5.6 Resultados del análisis de la temperatura en Magdalena

De forma similar, para la estación meteorológica ubicada en la ciudad de Magdalena se muestra en la Tabla 5.18, con porcentajes y en negritas los porcentajes mayores, muy de cerca están los promedios de dos días.

Tabla 5.18 Comparativa de temperaturas de Magdalena

| Rangos | Igual a día anterior | Promedio de 2 días | Tendencia de 2 días | Tendencia de 3 días | Tendencia de 4 días | Tendencia de 5 días | Ajuste a 3 puntos | Diferencia inmediata |
|--------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 1.7% | 0.6% | 0.5% | 0.1% | 0.3% | 0.1% | 0.1% | 1.0% |
| 0 a 1 | 32.8% | 30.1% | 22.4% | 15.8% | 23.5% | 24.3% | 13.0% | 31.2% |
| 0 a 2 | 56.9% | 53.7% | 41.3% | 30.4% | 44.5% | 45.1% | 24.9% | 52.8% |
| 0 a 3 | 73.2% | 70.5% | 56.4% | 43.6% | 61.2% | 61.6% | 36.1% | 67.6% |
| 0 a 4 | 83.3% | 81.7% | 67.6% | 54.8% | 73.2% | 73.6% | 46.1% | 77.4% |
| 0 a 5 | 89.4% | 88.6% | 75.8% | 64.4% | 81.6% | 82.1% | 54.5% | 84.1% |
| 0 a 6 | 93.4% | 93.1% | 82.0% | 72.3% | 87.5% | 88.0% | 61.6% | 88.7% |
| 0 a 7 | 95.9% | 95.8% | 86.7% | 78.8% | 91.6% | 92.1% | 67.9% | 92.0% |
| 0 a 8 | 97.4% | 97.5% | 90.2% | 83.7% | 94.4% | 94.9% | 73.0% | 94.4% |
| 0 a 9 | 98.4% | 98.6% | 92.7% | 87.7% | 96.3% | 96.8% | 77.1% | 96.0% |
| 0 a 10 | 99.0% | 99.2% | 94.5% | 90.8% | 97.6% | 98.0% | 80.7% | 97.2% |

5.7 Resultados humedad Nogales

La Tabla 5.19 muestra una comparativa entre las formas propuestas para predecir el nivel de humedad en la ciudad de Nogales, por lo que se observa en negritas los porcentajes mayores los cuales corresponden mayormente a las lecturas del día anterior.

Tabla 5.19 Comparativa de humedad de Nogales

| Rangos | Igual al día anterior | Promedio de 2 días | Tendencia de 2 días | Tendencia de 3 días | Tendencia de 4 días | Tendencia de 5 días | Ajuste a 3 puntos | Diferencia inmediata |
|--------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 4.5% | 2.0% | 2.9% | 1.0% | 1.4% | 0.2% | 1.6% | 4.4% |
| 0 a 1 | 12.9% | 9.8% | 8.2% | 6.8% | 7.3% | 4.0% | 4.8% | 13.0% |
| 0 a 2 | 21.0% | 17.3% | 13.4% | 12.6% | 13.1% | 7.8% | 8.1% | 20.8% |
| 0 a 3 | 28.3% | 24.2% | 18.4% | 18.3% | 18.9% | 11.5% | 11.2% | 27.9% |
| 0 a 4 | 35.1% | 30.7% | 23.2% | 23.6% | 24.3% | 15.2% | 14.3% | 34.3% |
| 0 a 5 | 41.2% | 36.6% | 27.8% | 27.7% | 29.2% | 18.8% | 17.3% | 40.1% |
| 0 a 6 | 46.7% | 41.9% | 32.4% | 33.4% | 33.9% | 22.4% | 20.3% | 45.3% |
| 0 a 7 | 51.6% | 46.8% | 36.7% | 37.8% | 38.5% | 25.8% | 23.1% | 50.1% |
| 0 a 8 | 55.9% | 51.2% | 40.7% | 41.9% | 42.6% | 29.2% | 25.8% | 54.3% |
| 0 a 9 | 59.8% | 55.3% | 44.5% | 45.8% | 46.6% | 32.3% | 28.4% | 58.2% |
| 0 a 10 | 63.5% | 59.0% | 48.0% | 49.2% | 50.3% | 35.3% | 31.0% | 61.7% |

5.8 Resultados humedad Magdalena

De forma similar, para la estación meteorológica de la Ciudad de Magdalena, los porcentajes más altos se observan en la columna “igual al día anterior” de la Tabla 5.20, donde está la comparativa entre los porcentajes obtenidos.

Tabla 5.20 Comparativa de humedad de Magdalena

| Rangos | Igual al día anterior | Promedio de 2 días | Tendencia de 2 días | Tendencia de 3 días | Tendencia de 4 días | Tendencia de 5 días | Ajuste a 3 puntos | Diferencia inmediata |
|--------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 4.5% | 2.0% | 2.7% | 1.0% | 1.5% | 0.3% | 1.6% | 4.4% |
| 0 a 1 | 13.3% | 9.9% | 8.2% | 6.9% | 7.5% | 6.5% | 4.8% | 13.0% |
| 0 a 2 | 21.6% | 17.7% | 13.6% | 12.7% | 13.4% | 12.4% | 8.1% | 20.8% |
| 0 a 3 | 29.2% | 24.9% | 18.9% | 18.3% | 19.1% | 18.2% | 11.3% | 27.9% |
| 0 a 4 | 36.3% | 31.9% | 24.0% | 23.9% | 24.8% | 23.9% | 14.4% | 34.3% |
| 0 a 5 | 42.6% | 38.1% | 29.0% | 29.1% | 30.0% | 29.2% | 17.5% | 40.1% |
| 0 a 6 | 48.4% | 43.8% | 33.6% | 34.1% | 34.8% | 34.2% | 20.7% | 45.3% |
| 0 a 7 | 53.4% | 48.7% | 37.9% | 38.6% | 39.5% | 38.9% | 23.7% | 50.1% |
| 0 a 8 | 58.1% | 53.5% | 42.1% | 42.9% | 44.0% | 43.3% | 26.6% | 54.3% |
| 0 a 9 | 62.3% | 57.8% | 45.9% | 46.8% | 48.1% | 47.5% | 29.5% | 58.2% |
| 0 a 10 | 65.9% | 61.8% | 49.6% | 50.5% | 52.0% | 51.4% | 32.1% | 61.7% |

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1 Conclusiones

En este análisis se tuvo la oportunidad de trabajar con dos bases de datos, la primera generada en la Ciudad de Nogales Sonora y la segunda en la ciudad de Magdalena Sonora. Estas bases se generan y crecen continuamente en dos estaciones meteorológicas respectivamente, las estaciones están dotadas con módulos de sensores integrados (ISS) que se encargan de la recolección de datos meteorológicos y la consola almacena los datos históricos del ISS, en ésta también es posible visualizar los parámetros en tiempo real, estos datos almacenados por tipo, fecha y hora son los que se analizaron para el presente trabajo, por lo que se encontró, para el caso de los índices UV y la energía solar, algunos patrones, estos patrones observados se simularon con algunas fórmulas, en función de su ubicación terrestre, día y hora. Temperatura (tablas 5.17 y 5.18) y humedad (tablas 5.19 y 5.20), muestran un comparativo de porcentajes en donde los pronósticos más acertados son los del día inmediato anterior, por lo que no fue posible encontrar algún patrón, la temperatura y humedad dependen de otros parámetros que están fuera del alcance de una estación meteorológica, éstos sí podrían ser observados con una red de estaciones equipadas con radares para la detección de nubes altas y bajas o también por medio de satélites meteorológicos para observar la dirección de los flujos de masas frías o calientes que circulan en la atmósfera.

6.2 Trabajos futuros

Los algoritmos aquí desarrollados se sustentan en dos bases de datos, pero para avanzar en este tipo de trabajos sería interesante:

- Agregar a estas estaciones nuevos parámetros de medición como calidad del aire y partículas suspendidas.
- Integrar nuevas estaciones meteorológicas en la región.
- Generar nuevos proyectos para aprovechar minerías de datos.

Referencias

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (7 de Octubre de 2017). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=z3NCUtrHJY0>
- Agencia Estatal de Meteorología. (2 de Noviembre de 2011). *Agencia Estatal de Meteorología*. Obtenido de <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion>
- Aguado-Rodríguez, J. (1 de Agosto de 2015). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. Montecillo, Estado de México, México: Creative Commons.
- American Meteorological Society. (6 de Mayo de 2010). *American Meteorological Society*. Obtenido de <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0493%281998%29126%3C1373%3ATOCMGE%3E2.0.CO%3B2>
- Astra. (20 de Enero de 2019). *Área ciencias*. Obtenido de <https://www.areaciencias.com/meteorologia/humedad.html>
- C. Godoy, C. C. (2012). Estación Meteorológica con Comunicación GSM para Predicción de Heladas y Detección de Viento Zonda. *Instituto de Automática, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina*, 5.
- CAB, C. d. (25 de Diciembre de 2016). *Centro de Astrobiología CAB*. Obtenido de <http://cab.inta-csic.es/remes/es/descripcion-del-instrumento/sensor-ultravioleta-uvs/>
- Carvajal Escobar, Y. C. (2007). Modelos de Predicción de Caudal Utilizando Variables Macroclimáticas y Técnicas Estadísticas Multivariadas en el Valle del Rio Cauca. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, núm. 6, 16.
- Conagua. (20 de Febrero de 2018). *Conagua*. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
- Foro de Rivas, Daniel Santos. (27 de Junio de 2013). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=BskfsfVb8kE>
- Foro de Rivas, Daniel Santos. (24 de Junio de 2013). *Youtube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=RKkiF64N_U4
- G. Javier Aguado-Rodríguez, A. Q.-N.-P.-R.-P.-M. (2016). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *Agrociencia*, 15.

- G. Javier Aguado-Rodríguez¹, A. Q.-N.-P.-R.-P.-M. (2016). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *SciELO Analytics*, 15.
- Galán Marín, R. (12 de julio de 2012). *Meteorología Aeronáutica*. Obtenido de <http://meteorologia-aeronautica.blogspot.com/2012/07/metodo-de-la-persistencia.html>
- Germán Portillo, D. M. (13 de Febrero de 2017). *Meteorología en red*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/humedad.html>
- Germán Portillo, D. M. (22 de marzo de 2018). *Meteorología en red*. Obtenido de Meteorología en red / higrometros: <https://www.meteorologiaenred.com/higrometros.html>
- Global Ewather Systems. (29 de agosto de 2010). *Global Ewather Systems*. Obtenido de <http://www.globalweathersystems.com/>
- Gobierno de Navarra. (14 de Octubre de 2011). *Meteorología y climatología de Navarra*. Obtenido de http://meteo.navarra.es/definiciones/radiacion_solar.cfm
- Google. (2016). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/@31.2912930,-110.9515120,36m/data=!3m1!1e3>
- Google. (2020). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/@30.6222340,-110.9733160,113m/data=!3m1!1e3>
- Ibérica, P. (12 de Enero de 2007). *PCE Ibérica*. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-de-radiacion-uva-365ha.htm>
- IDEAM. (9 de Octubre de 2019). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- InfroAgro. (25 de Noviembre de 2015). *Infro Agro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_termometro.asp?k=62
- John Wiley & Sons, Inc. (28 de Octubre de 2014). *Royal Meteorological Society*. Obtenido de <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/qj.873>
- Kaminski, J. W. (15 de Abril de 2018). *ads*. Obtenido de <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017EGUGA..1911672K/abstract>
- Kipp & Zonen B.V. (19 de Abril de 2013). *KIPP & ZONEN*. Obtenido de <https://www.kippzonen.es/News/575/Principio-de-funcionamiento-de-un-piranometro-de-termopila#.YA9UifKjIV>

León, H. (24 de Agosto de 2014). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=GoTaiUNyQOQ>

medición, I. d. (16 de Septiembre de 2017). *Instrumentos de medición*. Obtenido de <https://instrumentosdemedicion.org/temperatura/>

Meteo, S. (2017 de Julio de 2017). *Smarty Meteo*. Obtenido de <https://www.smartyplanet.com/productos-smartyplanet/sensor-de-radiacion-uv/>

Meteolo. (3 de Diciembre de 2016). *Meteolo.com*. Obtenido de https://meteolo.com/europa/europa?request_locale=es

Meteored. (24 de mayo de 2017). *meteored*. Obtenido de <https://www.meteored.mx/>

MeteoSangonera. (27 de Junio de 2016). *MeteoSangonera*. Obtenido de <https://www.meteosangonera.es/ecmwf/>

Miranda, J. (15 de Octubre de 2018). Aplicación web para el monitoreo de estaciones meteorológicas automatizadas de ITN y UES Magdalena. *Documento de tesis*. Nogales, Nogales, México.

NASA. (29 de Septiembre de 2015). *Spitzer Space Telescope*. Obtenido de http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ritter/ritter_bio.html

Navy Operational Global Atmospheric Prediction System. (1 de Mayo de 2012). *NOAA*. Obtenido de <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/navy-operational-global-atmospheric-prediction-system>

NOAA. (24 de Octubre de 2017). *Nationals Centers Environmental Information*. Obtenido de Environmental : <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>

Omega Engineering. (20 de Noviembre de 2012). *Omega*. Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/termometros-infrarrojos.html>

Online, W. (19 de Mayo de 2021). *WeatherOnline*. Obtenido de <https://www.woespana.es/>

Red, E. (7 de Abril de 2011). *Ecu Red*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Grado_Fahrenheit

Red, E. (23 de Mayo de 2011). *Ecu Red*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Carlos_Linneo

Red, E. (2011 de Abril de 2011). *Ecu Red*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Grado_Celsius

- Red, E. (26 de Septiembre de 2012). *Ecu Red*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Kelvin>
- Red, M. e. (13 de Marzo de 2017). *Meteorología en Red*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/la-temperatura.html>
- Robótica, R. A. (9 de Enero de 2015). *Rambal Automatización y Robótica*. Obtenido de <https://rambal.com/color-luz-forma/192-sensor-ultravioleta-uv-uv30a.html>
- Romero, F. M. (2 de Enero de 2013). <http://www.esritoscientificos.es>. Obtenido de [http://www.esritoscientificos.es/trab21a40/solvillanueva/pagina01.htm#:~:text=El%20eje%20del%20mundo%20es,en%20su%20movimiento%20de%20rotaci%C3%B3n.&text=La%20inclinaci%C3%B3n%20del%20eje%20de,1\)%20de%2023%2C43%C2%BA](http://www.esritoscientificos.es/trab21a40/solvillanueva/pagina01.htm#:~:text=El%20eje%20del%20mundo%20es,en%20su%20movimiento%20de%20rotaci%C3%B3n.&text=La%20inclinaci%C3%B3n%20del%20eje%20de,1)%20de%2023%2C43%C2%BA).
- SLU, S. S. (9 de abril de 2018). *El Blog de la ventilación eficiente*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/>
- TIROS Program, N. (1 de abril de 2000). *Observatorio.info*. Obtenido de <https://observatorio.info/2000/04/el-planeta-tierra-desde-tiros-1-la-primera-imagen-de-television/>
- Trueba, R. A. (27 de Abril de 2009). Aportaciones de las redes bayesianas en meteorología. Predicción probabilística de precipitación. Santander, España: Datos abiertos.
- Web, O. D. (17 de qbril de 2019). www.purificadordelaire.es. Obtenido de <http://www.purificadordelaire.es/medir-el-grado-de-humedad-el-higrometro/>