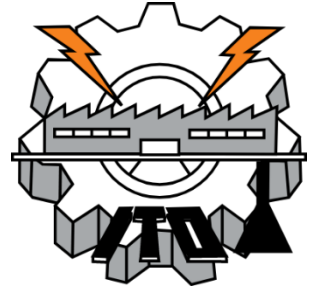




**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**



## **Documentación Holt-Winters Temperatura**

Bautista Hernández Jalil Damián

C20160002

Ingeniería en sistemas computacionales, Instituto Tecnológico de Oaxaca

SCD1022 - Simulación (5SB)

Matadamas Torres Lorenzo Alejandro

13 de noviembre de 2022

# ÍNDICE

Pronóstico de temperatura.....	3
Introducción.....	3
Formulación del problema.....	3
Definición del sistema .....	3
Modelo conceptual .....	4
Primera Fase .....	4
Segunda fase .....	5
Tercera Fase .....	6
Cuarta Fase.....	7
Quinta Fase.....	7
Formulación del modelo .....	8
Modelo de Holt-Winters .....	8
Colección de datos.....	11
Implementación del modelo .....	13
Paso 1: Asignación de valores reales .....	13
Paso2: Calcular el nivel estimado .....	14
Paso 3 Calcular Estimación de Tendencia .....	16
Paso 4: Estimación de estacionalidad .....	17
Paso 5: Predicción de m periodos en el futuro .....	17
Paso: Grafica.....	19
Implementación del método en la computadora.....	20
Ventana principal.....	20

Clase Grafica.....	27
Ventana Datos.....	28
Ventana formulas .....	30
Verificación del método.....	30
Interpretación y resultado.....	34
Conclusión .....	36
Referencias.....	37

## **Pronóstico de temperatura**

### **Introducción**

En este documento, se analiza y explica el modelo de Holt-Winters para calcular el pronóstico de la temperatura del año 2022, con 12 periodos, se desarrolló un programa que nos permite visualizar los datos reales de temperatura del año 2020 al año 2021, a través de estos datos se pronostica las temperaturas del año 2022.

### **Formulación del problema**

En la actualidad se está viviendo un gran cambio en la variación de la temperatura en el país de México, por diferentes factores, claramente podemos percibir que el clima ha cambiado notablemente durante los años, actualmente hace más calor que en los años anteriores, esto es una preocupación ambiental. El cambio del clima provoca cambios diversos en los sistemas naturales. El aumento de temperatura provoca la extinción de los insectos, plantas y de los vegetales. El principal problema es pronosticar las temperaturas del año 2022 para identificar si la temperatura mantendrá sus valores o tendrá un cambio brusco.

### **Definición del sistema**

Se desarrollará un programa que nos permita pronosticar la temperatura del año 2022 utilizando el modelo de Holt-Winters, nuestro programa mostrará al usuario una tabla con los valores reales de la temperatura y los valores del pronosticados del 2022 año.

Nuestro sistema estará diseñado solamente para pronosticar la temperatura del año 2022, tomando como referencia los valores reales de los años anteriores para hacer un correcto pronostico. En nuestro programa se mostraran las formulas utilizadas y las variables de cada formula.

## **Modelo conceptual**

### ***Primera Fase***

























Para el desarrollo de la primera fase se realizo una consulta en diferentes páginas de artículos por internet, se seleccionaron 60 artículos de modelos simulación. En esta etapa se leyeron los resúmenes de cada artículo y se verifico que el título del artículo tratara de un modelo de simulación.

Nuestras descargas se realizaron en las siguientes páginas

- <http://www.pubfacts.com/>
- <http://www.mdpi.com/>
- <https://www.researchgate.net/publication>
- <http://www.sciencedirect.com/>

Realizado nuestra descarga de los 60 artículos se almacenaron en una carpeta para su posterior análisis, para la elección de un solo modelo de simulación en la última etapa. Se analizaron el resumen de cada artículo para posteriormente seleccionar los más atractivos y los que se puedan aplicar en el estado de Oaxaca.

Compartido conm... > SIMULACION AGO-DIC 2022 10-... > Bautista Hernández Jalil D... > Fase 1 - Descargas 60 Articulos ▾

Nombre ↑	Propietario	Última modificación	Tamaño de arc
 3D simulation model of water infiltration for radioactive waste on a virtual reality E...	 yo	6 sept 2022 yo	1,9 MB
 A comparative study on cylindrical and spherical models in fabrication of bone tiss...	 yo	8 sept 2022 yo	4,8 MB
 A dynamic model for process flowsheet simulation of semi-batch precipitation of s...	 yo	6 sept 2022 yo	1,9 MB
 A library for wall-modelled large-eddy simulation based on OpenFOAM technology...	 yo	6 sept 2022 yo	4,2 MB
 A realistic model for battery state of charge prediction in energy management sim...	 yo	6 sept 2022 yo	1,3 MB
 A simulation study to assess the potential impact of developing normal tissue com...	 yo	6 sept 2022 yo	1,2 MB
 Agent-based modelling and simulation for circular business model experimentatio...	 yo	7 sept 2022 yo	2,3 MB
 An assessment of the sectional soot model and FGM tabulated chemistry coupling...	 yo	6 sept 2022 yo	3,3 MB
 Analysis and numerical simulation of fractional Biswas–Milovic model.pdf	 yo	6 sept 2022 yo	2,8 MB
 Approximations for finite-time ruin probability in a dependent discrete-time risk mo...	 yo	6 sept 2022 yo	836 kB
 Architectural Design Space for Modelling and Simulation as a Service A Review.pdf	 yo	6 sept 2022 yo	1,1 MB
 Automated discovery of business process simulation models from event logs.pdf	 yo	6 sept 2022 yo	4 MB

## Segunda fase

En la segunda fase, se analizó el resumen de cada artículo, este análisis permitió la selección de 30 artículos, la información recolectada se registró en un Excel.

El primer paso que se realizó en esta fase, fue el análisis del artículo, determinar si realmente se trataba de un modelo de simulación, esta información se almacenó en la primera columna de nuestro Excel nombrada “Título”

El segundo paso fue verificar que nuestro artículo fuera del año 2017 al 2022, la información del año se almacenó en la siguiente columna nombrada “año”. Verificar esta información nos permitió tener un modelo de simulación actualizado.

El tercer paso es analizar que modelo utiliza el autor en el artículo, en este paso se analizó el resumen y la metodología de nuestro artículo, para encontrar como se llama el modelo y ver como el autor desarrolló las fórmulas con los datos.

En el cuarto paso, se analizó las fórmulas que utilizan los autores de cada artículo, en este paso se analizó como los autores utilizan las fórmulas para el pronóstico o predicción del modelo y se analiza cómo se llegó al resultado. La información se almacena en una columna de Excel nombrada “Formula”.

Título	Año	Modelo Formula y nombre	Formula
Un estudio comparativo sobre modelos cilíndricos y esféricos en la fabricación de andamios de ingeniería de tejido óseo: simulación y experimentos de elementos finitos	2021	modelo de poro cilíndrico modelo de poro esférico	Pore volume $V_p = 3\pi R^2 h - \pi R^2 \Delta h^3$ $V_p = 3\pi R^2 R - \frac{\pi}{3} R^3 - \frac{1}{4} \pi R^4$ Surface area $S_p = 4\pi R R + 4\pi R^2 - \pi(4R^2 + R^2)R^2$ $S_p = 4\pi R R + \left(4 + \frac{3}{2}\right) R^2 - 14\pi R^2$ $R = \frac{R - \frac{R}{2} \cdot R - \frac{R}{2} \cdot R}{\left(\frac{R}{2}\right) \cdot \left(\frac{R}{2}\right) \cdot \left(\frac{R}{2}\right)} \cdot R - 2D + L, \frac{R}{2} \cdot R - \frac{R}{2} \cdot R$ Solid block volume $V_s = (2D + L)^2 \cdot R^2$ $V_s = (2D + L)^2 \cdot R^2$
Un modelo dinámico para la simulación de diagramas de flujo de procesos de precipitación semicontinua de sales escasamente solubles	2020	modelo de semilotes	$R = \left( \frac{C_{sp}}{C_{sol}} \right)$ $S_p = \gamma \sqrt{\frac{C_{sp}}{C_{sol}} \cdot \frac{C_{sp}}{R}}$
Una biblioteca para la simulación de grandes remolinos modelados en paredes basada en la tecnología OpenFOAM	2019	simulación de remolinos grandes modelados en paredes (WMLES),	ecuación de momento suma de la cara en la pared $\frac{d}{dt} \int_V u_i dV + \int_S u_i u_j n_j dS = - \frac{1}{\rho} \int_S p n_i dS + \int_S \tau_{ij} n_j dS$ $\int_{S_w} \tau_{ij} n_j dS = - \int_{S_w} \tau_{ij} dS \approx \tau_{w,ij} S_w$
modelo realista para la predicción del estado de carga de la batería en herramientas de simulación de gestión de energía	2019	modelo integral, modelo KiBaM, modelo propuesto en las Refs	$SoC_t = SoC_{t-1} + \frac{U_t \cdot I_t \cdot \Delta t}{E_{max}}$
Un estudio de simulación para evaluar el impacto potencial del desarrollo de modelos de probabilidad de complicaciones de tejidos normales con dosis acumulada		El modelo Lyman NTCP,	$NTCP = \Phi \left( \frac{q(ED - TD_{50})}{m \cdot TD_{50}} \right)$
Una evaluación del modelo de hollín seccional y el acoplamiento químico tabulado de FGM en simulaciones de llama laminar	2021	modelos de hollín	$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u\phi) - \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \rho \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \sum_{i=1}^N \omega_i \phi_i$ with $\Gamma(-\gamma, \cos(\lambda)) = \frac{\lambda}{2} \frac{\partial \Gamma}{\partial \lambda}$

## Tercera Fase

En la tercera fase se analizaron los 30 artículos y se eligieron los mejores 15 artículo, en esta fase se analizó las variables de las fórmulas del modelo que los autores utilizan en su formulas y se determinó si los datos de las variables son fáciles de conseguir, los datos de las variables analizados fueron almacenadas en un Excel, en donde se le agrego una columna más para describir las variables del modelo.

	Título	Año	Modelo Formula y nombre	Formula	Variables
1	modelo realista para la predicción del estado de carga de la batería en herramientas de simulación de gestión de energía	2019	modelo integral, modelo KiBaM, modelo propuesto en las Refs	$SoC_t = SoC_{t-1} + \frac{U_t \cdot I_t \cdot \Delta t}{E_{max}}$	•(SoC) estado de carga •(t) en un momento futuro •(E <sub>max</sub> ) como porcentaje de la capacidad máxima •(I) corriente •(U) voltaje
2	Un estudio de simulación para evaluar el impacto potencial del desarrollo de modelos de probabilidad de complicaciones de tejidos normales con dosis acumulada	2018	El modelo Lyman NTCP,	$NTCP = \Phi \left( \frac{q(ED - TD_{50})}{m \cdot TD_{50}} \right)$ $PC_{plan} = \frac{Accumulated\ Dose - Planned\ Dose}{Planned\ Dose} \times 100$	•cambio porcentual (PC) •La función Φ representa el modelo NTCP15 donde qEUD se evalúa utilizando TD50
3	Una evaluación del modelo de hollín seccional y el acoplamiento químico tabulado de FGM en simulaciones de llama laminar	2021	modelos de hollín	$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u\phi) - \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \rho \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \sum_{i=1}^N \omega_i \phi_i$ with $\Gamma(-\gamma, \cos(\lambda)) = \frac{\lambda}{2} \frac{\partial \Gamma}{\partial \lambda}$ from Rautkeer	•fracción de masa de hollín (Y <sub>h,i</sub> ) •(j, q), u denotan la velocidad de difusión •el término fuente para la especie i •Gas PAH <sub>i</sub> indica la contribución de las reacciones en fase gaseosa, •Hollín PAH <sub>i</sub> denota el consumo de PAH <sub>i</sub> a través de los procesos de formación de hollín
4	Comparación de predicciones de campo completo de simulaciones de plasticidad cristalina utilizando Voce y las leyes de endurecimiento basadas en la densidad de dislocaciones	2021	modelado y la simulación de plasticidad cristalina	$\sigma^p(x) = \sum_{i=1}^N \sigma^p_i(x) \gamma_i(x)$ $\sigma^p(x) = C(x) : \epsilon^p(x) = C(x) : (\epsilon(x) - \epsilon^e(x))$	•( ) el tensor de tensión de Cauchy •p punto material. •( ) es el tensor de rigidez elástico. •( ) y ( ) son los tensores de deformación total, elástico y plástico, respectivamente. •( ) la tasa de deformación plástica •( ) el número total de posibles sistemas de deslizamiento activos durante la deformación. •( ) representan la parte simétrica del tensor de Schmid y la tasa de corte en un sistema de deslizamiento. •( ) El tensor de Schmid se define como
	Modelo basado en datos para la rotura de		Modelo de rotura por	$\sigma, \epsilon, \epsilon'$	

## Cuarta Fase

En esta fase se eligió los 5 mejores modelos, para un análisis completo de cada artículo, se leyó completamente el documento para analizar como el autor llega al resultado final utilizando el modelo. Realizamos una propuesta para la aplicación del modelo utilizada por el autor en el estado de Oaxaca, en esta fase se le agrego otra columna en el Excel con el nombre de “Aplicaciones del porque seleccione este modelo” en este apartado se describe una posible propuesta de cómo se aplicará el modelo en el estado de Oaxaca.

	Título	Año	Modelo Formula y nombre	Formula	Variables	Explicación del porque seleccione este Modelo
1	Uso del Modelo de Holt-Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el proceso de almacenamiento del Cacao.	2019	Holt-Winters	<p>Serie suavizada exponencialmente o nivel estimado</p> $A_t = \frac{X_t}{S_{T-t}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \alpha \in (0,1)$ <p>Estimación de Tendencia</p> $T_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1} \quad \gamma \in (0,1)$ <p>Estimación de estacionalidad</p> $S_t = \beta \frac{X_t}{A_t} + (1 - \delta)S_{t-1} \quad \delta \in (0,1)$ <p>Predicción de m periodos en el futuro</p> $\hat{X}_{t+m} = (A_t + mT_t)S_{T+m-t} \quad \delta \in (0,1)$	<p>At: Valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t</p> <p>α: Constante de suavización exponencial para nivel</p> <p>Tt: Valor real de la serie de tiempo en el periodo t</p> <p>T: Componente de tendencia de la serie para el periodo t</p> <p>γ: Constante de suavización exponencial para la tendencia.</p> <p>St: Componente estacional de la serie para el periodo t</p> <p>δ: Componente estacional de la serie para el periodo t</p> <p>β: Constante de suavización exponencial para la estacionalidad</p> <p>δ: Longitud de tiempo de la estacionalidad [1=6 (Semestral)]</p> <p>m: Periodos futuros a predecir</p> <p>λ+ m: Predicción de Holt-Winters para el periodo t+m</p>	Elegí este modelo, porque lo puedo aplicar en el estado de Oaxaca, para predecir las temperaturas de los siguientes meses en el estado de Oaxaca y otros estados, el modelo propuesto permitió predecir el comportamiento de la temperatura, para poder predecir la temperatura, necesitamos datos del clima en un periodo del 2020-2022 obtenidos del Inegi.
2	Modelo realista para la predicción del estado de carga de la batería en herramientas de simulación de gestión de energía	2019	Modelo DBu	$SOH = SOH_0 - \frac{1}{C_{max}} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{C_{max}}$	<p>«SoC» estado de carga</p> <p>«t» tiempo en segundos</p> <p>«Emc» como porcentaje de la capacidad máxima</p> <p>«Q» corriente</p> <p>«Q0» voltaje</p>	Este modelo lo elegí porque en este modelo nos permite explicar cuando se utilizan las baterías, como el uso de emergencia, para almacenar electricidad generada por paneles. También nos permite analizar el rendimiento de las baterías, este modelo utilizó 3 baterías para realizar pruebas como: Baterías de plomo-ácido, Polímero de iones de litio.
3	Un estudio de simulación para evaluar el impacto potencial del desarrollo de modelos de probabilidad de complicaciones de recién nacidos con dosis acumulada	2019	El modelo Lyman NTCP	$NTCP = 1 - \exp\left(-\frac{D^{2.18}}{D_{50}^{2.18}}\right)$ $PC_{cum} = \frac{Accumulated\ Dose - Planned\ Dose}{Planned\ Dose} - 100$	<p>«t» tiempo en segundos</p> <p>«Emc» como porcentaje de la capacidad máxima</p> <p>«Q» corriente</p> <p>«Q0» voltaje</p>	Este modelo nos a demostrado la necesidad de ensayos clínicos prospectivos para evaluar el impacto clínico del desarrollo de modelos de NTCP sobre la base de dosis acumuladas en lugar de planificadas. Este estudio utilizó datos simulados de 600 pacientes para desarrollar modelos de toxicidad basados en dosis planificadas pueden subestimar el riesgo de toxicidad para dosis más bajas pero subestimar el riesgo de toxicidad para dosis más altas con errores de hasta el 21%. Las diferencias entre los modelos NTCP sobre la base de las dosis acumuladas en comparación con las dosis planificadas son mayores para el disidente que para el estómago. Entonces es de suma importancia, darle la dosis correcta al paciente porque puede perjudicar a su salud. Este modelo se puede aplicar en cualquier hospital.
4	Simulación DEM para la predicción de la fuerza de tracción del estado de veredas según la profundidad de labranza en suelo volcánico	2021	Modelos de suelo agrícola, modelado de suelos DEM	$F_x = (F_{soil} + F_{tr}) \cdot \mu$	<p>«F» fuerza normal total (N)</p> <p>«Fn» es la fuerza normal de contacto total (N)</p> <p>«Fg» es la fuerza del resorte horizontal (N)</p> <p>«d» es la fuerza de amortiguamiento normal (N)</p> <p>«d0» es la fuerza de fricción constante</p> <p>«d» es la fuerza de fricción constante</p>	El objetivo de este modelo es hacer prueba de medición del suelo en donde se siembran cultivos, estas pruebas se realizan para saber, la carga de trabajo agrícola de un tractor que representa el esfuerzo de trabajo. La fuerza de tracción, que es la fuerza de reacción del suelo que actúa en dirección opuesta al empuje cuando se acepta un implemento con tracción.
5	Identificación de las estrategias de adaptación agroclimática más prometedoras para los sistemas de cultivo de tomate en el sur de Italia a través de modelos de simulación	2019	El modelo de simulación TOMIRO	$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{k=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{l=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{m=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{n=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{o=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{p=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{q=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{r=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{s=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{t=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{u=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{v=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{w=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{x=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{y=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{z=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{aa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ab=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ac=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ad=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ae=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{af=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ag=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ah=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ai=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{aj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ak=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{al=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{am=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{an=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ao=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ap=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{aq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ar=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{as=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{at=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{au=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{av=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{aw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ax=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ay=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{az=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ba=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{be=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{br=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{by=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{bz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ca=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ce=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ch=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ci=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ck=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{co=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ct=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{cz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{da=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{db=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{de=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{df=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{di=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{do=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ds=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{du=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{dz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ea=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ec=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ed=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ee=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ef=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ei=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ej=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ek=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{el=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{em=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{en=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ep=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{er=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{es=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{et=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{eu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ev=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ew=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ex=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ey=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ez=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fe=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ff=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ft=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{fz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ga=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ge=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{go=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{gz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ha=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{he=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ho=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ht=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{hz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ia=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ib=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ic=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{id=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ie=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{if=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ig=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ih=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ii=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ij=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ik=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{il=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{im=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{in=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{io=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ip=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ir=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{is=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{it=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ix=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{iz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ja=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{je=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ji=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{js=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ju=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{jz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ka=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ke=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ki=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{km=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ko=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ks=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ku=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ky=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{kz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{la=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ld=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{le=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{li=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ll=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ln=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ls=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ly=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{lz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ma=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{md=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{me=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ml=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ms=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{my=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{mz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{na=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ne=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ng=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ni=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{no=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{np=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ns=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ny=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{nz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ob=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{od=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oe=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{of=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{og=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ok=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ol=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{om=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{on=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{op=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{or=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{os=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ot=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ou=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ov=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ow=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ox=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{oz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pe=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ph=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{po=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ps=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{px=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{py=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{pz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qe=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ql=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{qz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ra=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{re=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ri=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ro=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ru=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ry=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{rz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{se=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{si=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{so=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ss=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{st=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{su=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{sz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ta=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{td=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{te=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{th=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ti=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{to=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ts=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ty=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{tz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ua=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ub=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ud=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ue=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ug=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ui=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ul=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{um=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{un=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{up=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ur=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{us=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ut=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ux=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{uz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{va=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ve=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vs=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vw=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vx=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vy=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{vz=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wa=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wb=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wc=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wd=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{we=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wf=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wg=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wh=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wi=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wj=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wk=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wl=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wm=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wn=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wo=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wp=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wq=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wr=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ws=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wt=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wu=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wv=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{ww=1}^n \left( \frac{1}{\sum_{wx=1}^n \$		



nuestro ecosistema presentara problemas, como la extinción de animales. Los datos de la temperatura son fáciles de conseguir a través de la página del INEGI “Instituto Nacional de Estadística y Geografía”, y es un buen modelo para aplicarlo en el estado de Oaxaca, en donde hay producción de alimentos.

Revista **EIA**



Revista EIA  
ISSN 1794-1237  
e-ISSN 2463-0950  
Año XIX/Volumen 19/ Edición N.38  
Junio-Diciembre de 2022  
Reia3820 pp. 1-17

Publicación científica semestral  
Universidad EIA, Envigado, Colombia

## Uso del Modelo de Holt-Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el proceso de almacenamiento del Cacao.

✉ JUAN CARLOS VESGA FERREIRA<sup>1</sup>

MARTHA FABIOLA CONTRERAS HIGUERA<sup>1</sup>

JOSÉ ANTONIO VESGA BARRERA<sup>2</sup>

### Formulación del modelo

#### *Modelo de Holt-Winters*

El Modelo de Holt-Winters: Se utiliza para datos con tendencia y estacionalidad. Este modelo presupone que a medida que se incrementan los datos, también se incrementa el patrón estacional. La mayoría de las gráficas de series de tiempo muestran este patrón.

En este modelo, la tendencia y los componentes de estación se multiplican y luego se suman al componente de error. Se desea proponer el uso del modelo del Holt-Winters como estrategia para predecir el comportamiento de la temperatura en el país de México por cada estado.

Por lo expresado anteriormente resulta relevante contar con un modelo que prediga las variaciones de temperatura del año 2022 para determinar posibles cambios de temperatura en el

cambio climático. Para ello, en esta sección se presenta el modelo de Holt-Winters para predecir y generar intervalos de confianza sobre los posibles cambios de temperatura en un periodo del año 2020 al 2022.

Para el desarrollo del modelo de simulación Holt-Winters se utilizaron las siguientes ecuaciones:

### **Serie suavizada exponencialmente o nivel estimado**

Se utiliza para descomponer las series temporales de cada ubicación de un cubo de espacio-tiempo en componentes estacionales y de tendencia para pronosticar eficazmente los periodos de tiempo futuros de cada ubicación.

Usualmente, cuando se realiza un pronóstico sobre una serie de tiempo, el primer paso es estimar el nivel. La ecuación para calcular el nivel está dada por:

$$A_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \alpha \in (0,1)$$

Para calcular el nivel estimado de la temperatura en el momento de tiempo  $A_t$  se requiere dar una ponderación  $\alpha$  cuyos valores se encuentran en un intervalo  $[0,1]$ , a la variable observada en el momento sin el efecto de la estacionalidad  $S_{t-s}$ . Con el fin de capturar el nivel actual, al nivel en el momento anterior  $A_{t-1}$ . Se le suma la tendencia en el momento anterior  $T_{t-1}$  y se le da una ponderación que es igual a  $(1 - \alpha)$ .

En nuestra primera ecuación al primer término de la ecuación se le quita la estacionalidad al dato observado en el momento  $t$  y éste se pondera con la constante de suavización en donde  $X_t$  es nuestro valor original de la temperatura. En el segundo

término se calcula una posición esperada en el momento, tomando el nivel más la tendencia en el momento anterior

### **Estimación de Tendencia**

La tendencia es el patrón que siguen nuestra temperatura. Se dice que una serie de tiempo tiene tendencia aditiva cuando sufre un crecimiento constante a través del tiempo. La tendencia que presentan la temperatura en el momento  $t$  puede ser expresada mediante  $T_t$ . La ecuación para calcular la tendencia aditiva está dada por:

$$T_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma) T_{t-1} \quad \gamma \in (0,1)$$

### **Estimación de estacionalidad**

Se dice que hay estacionalidad en la temperatura cuando en la serie de tiempo se puede observar que existe un patrón relativo al tiempo, como, por ejemplo: un día de la semana, una semana al mes, un mes al año, un bimestre del año, etc. La estacionalidad que presentan la temperatura en el momento puede ser expresada mediante  $S_t$ . Las ecuaciones para calcular la estacionalidad multiplicativa están dadas por:

$$S_t = \delta \frac{X_t}{A_t} + (1 - \delta) S_{t-s} \quad \delta \in (0,1)$$

### **Predicción de $m$ periodos en el futuro**

En este apartado se le asigna el número de periodos que se desea pronosticar, nuestros periodos serán 12 meses para el año 2022. En la siguiente ecuación nos permite hacer un pronóstico de nuestra temperatura.

$$\hat{X}_{t+m} = (A_t + mT_t) S_{t+m-s} \quad \delta \in (0,1)$$

## Variables

Las variables que utiliza nuestro modelo de Holt-Winters es;

$A_t$ : Valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t

$\alpha$ : Constante de suavización exponencial para nivel

$X_t$  Valor real de la serie de tiempo en el periodo t

$T_t$ : Componente de tendencia de la serie para el periodo t

$\gamma$ : Constante de suavización exponencial para la tendencia

$S_t$ : Componente estacional de la serie para el periodo t

$S_{t-s}$ : componente estacional de la serie para el periodo t-s

$\delta$ : Constante de suavización exponencial para la estacionalidad

$s$ : Longitud de tiempo de la estacionalidad ( $s=6$  Semestral)

$m$ : Periodos futuros a predecir

$\hat{X}_{t+m}$ : Predicción de Holt-Winters para el periodo t+m

## Colección de datos

Para realizar la colección de datos, se consultaron diversas páginas de internet, en donde logramos obtener datos de la temperatura en un periodo de los años del 2020-2021 de los 31 Estados de la república mexicana. La página en donde se obtuvieron los datos fue en <https://smn.conagua.gob.mx/> en esta página los datos están clasificados por estados, cada estado tiene su temperatura por mes.

## Temperatura del año 2020 de Mexico.

La primera recolección de datos que se realizó fue del año 2020 para los 31 estados de la república mexicana, teniendo en cuenta cada temperatura por mes en ese periodo.



### Temperatura Máxima Promedio por Entidad Federativa y Nacional 2020

Entidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Aguascalientes	21.6	23.7	29.0	31.1	30.6	30.2	28.1	26.9	26.0	27.4	25.9	22.9	27.0
Baja California	20.2	21.0	19.9	24.6	29.8	31.4	33.9	35.4	34.3	30.6	23.5	20.4	27.1
Baja California Sur	24.6	25.3	26.3	29.0	31.4	33.4	34.6	35.3	35.3	33.1	29.3	25.1	30.2
Campeche	30.2	32.4	34.9	38.5	36.7	34.1	35.0	34.4	34.0	32.2	31.0	29.1	33.5
Coahuila	21.6	23.5	29.2	31.5	34.1	34.8	35.7	35.5	30.4	31.2	27.2	22.0	29.7
Colima	32.6	31.9	33.2	33.5	33.2	33.9	34.1	33.2	33.1	34.3	34.4	32.3	33.3
Chiapas	31.1	32.3	32.8	34.9	33.5	30.9	31.8	31.3	30.8	30.2	30.0	28.4	31.5
Chihuahua	20.0	20.9	25.4	28.9	33.4	35.3	33.6	35.1	30.4	30.7	26.7	19.5	28.3
Ciudad de México	23.0	25.9	27.9	28.4	27.3	26.5	26.1	24.9	23.9	24.5	23.7	23.2	25.4
Durango	21.1	23.3	27.8	30.5	32.1	32.7	30.9	31.2	27.5	28.5	26.5	21.9	27.8
Guanajuato	23.9	26.5	30.1	32.3	31.2	29.7	28.6	27.2	26.6	28.0	26.6	24.7	28.0
Guerrero	31.5	32.4	33.6	34.5	34.2	33.2	32.2	31.9	31.1	32.0	32.2	31.2	32.5
Hidalgo	23.2	25.1	28.5	30.8	29.7	27.9	28.6	26.7	26.0	25.8	23.7	23.0	26.6
Jalisco	26.2	28.2	31.7	32.8	32.8	32.4	30.1	29.5	29.0	30.4	29.6	26.5	29.9
Estado de México	20.4	23.1	25.9	26.2	25.2	24.2	23.3	22.2	21.7	22.6	22.0	20.9	23.1
Michoacán	26.5	28.7	31.2	32.8	32.4	30.9	29.3	28.3	27.9	28.9	28.5	26.6	29.3
Morelos	28.1	30.3	33.7	34.9	34.0	32.0	29.4	28.8	27.5	28.7	29.3	28.3	30.4
Nayarit	29.9	29.9	32.6	34.1	35.3	35.8	34.3	34.0	33.3	34.8	34.5	29.1	33.1
Nuevo León	23.5	24.6	30.4	31.6	33.1	33.3	35.1	34.7	30.9	31.3	27.7	22.9	29.9
Oaxaca	28.8	30.4	32.8	34.6	33.2	31.4	31.3	30.3	30.1	30.0	29.3	27.5	30.8
Puebla	23.7	25.7	29.0	30.9	29.5	28.3	28.0	26.8	25.8	26.4	25.4	23.8	26.9
Querétaro	23.9	27.3	30.9	32.7	31.8	30.1	29.7	28.0	27.1	27.7	25.7	23.1	28.2
Quintana Roo	30.4	31.3	32.2	34.4	33.8	33.2	34.3	34.2	34.5	32.6	31.1	29.3	32.6
San Luis Potosí	25.5	27.1	32.0	36.1	34.6	34.4	35.1	33.4	31.8	31.8	29.1	24.9	31.3
Sinaloa	28.4	29.1	31.5	34.0	36.3	37.7	36.9	37.1	35.9	36.6	34.2	29.3	33.9
Sonora	23.8	24.5	25.8	31.1	36.1	39.0	39.0	39.9	38.5	36.0	30.7	24.3	32.4
Tabasco	29.1	31.0	33.6	36.9	35.4	33.1	34.6	33.5	32.6	31.4	29.7	27.9	32.4
Tamaulipas	25.5	25.6	31.5	33.8	34.0	34.2	36.1	35.1	32.8	32.2	29.3	25.2	31.3
Tlaxcala	21.0	23.7	26.5	26.7	25.1	24.1	23.8	22.8	21.8	23.2	22.2	21.0	23.5
Veracruz	24.6	25.7	30.0	33.0	31.6	30.3	31.7	30.0	29.5	28.8	26.8	24.0	28.8
Yucatán	29.9	32.1	34.6	38.8	36.0	33.7	34.9	34.7	34.7	32.0	30.1	28.8	33.4
Zacatecas	21.6	23.9	28.7	30.8	30.9	30.6	27.8	27.7	26.4	28.3	26.8	23.3	27.2
<b>Nacional</b>	<b>24.6</b>	<b>26.0</b>	<b>29.2</b>	<b>32.0</b>	<b>33.3</b>	<b>33.5</b>	<b>33.4</b>	<b>33.3</b>	<b>31.4</b>	<b>31.1</b>	<b>28.5</b>	<b>24.5</b>	<b>30.1</b>

## Temperatura del año 2022

La segunda recolección de datos que se realizó fue del año 2021 para los 31 estados de la república mexicana, teniendo en cuenta cada temperatura por mes en ese periodo.

Entidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Aguascalientes	23.0	25.8	28.9	29.8	29.8	26.6	25.0	26.0	24.9	25.4	24.3	24.8	26.2
Baja California	20.0	20.8	20.8	25.2	27.8	31.3	33.2	33.1	32.7	27.4	25.8	19.8	26.5
Baja California Sur	24.4	25.6	26.6	29.7	31.1	33.4	33.8	34.4	33.2	31.4	29.6	26.6	30.0
Campeche	29.3	31.3	33.9	36.5	36.2	34.8	34.6	34.4	34.2	33.4	30.5	31.3	33.4
Coahuila	21.6	24.4	28.4	30.9	33.5	35.0	33.7	34.0	33.7	31.0	25.8	26.9	29.9
Colima	31.9	31.3	32.5	32.7	34.1	33.3	33.8	33.1	32.7	33.7	33.6	32.6	32.9
Chiapas	30.2	31.4	32.4	33.9	32.7	31.5	31.9	31.5	30.8	30.9	28.7	29.8	31.3
Chihuahua	19.7	23.3	25.7	29.0	32.5	35.1	31.3	31.2	30.8	29.1	25.3	22.9	28.0
Ciudad de México	23.2	25.4	27.8	28.3	27.1	24.2	25.3	25.2	24.3	23.9	22.3	23.7	25.1
Durango	22.2	25.8	28.3	30.2	31.8	31.6	28.3	28.5	28.1	27.5	25.3	24.4	27.7
Guanajuato	25.1	27.5	30.5	31.4	30.5	26.9	26.5	26.9	25.7	26.5	25.2	25.8	27.4
Guerrero	31.0	31.4	33.4	34.6	34.5	31.3	32.2	31.2	31.1	31.5	31.4	31.8	32.1
Hidalgo	23.4	26.2	28.7	29.5	29.3	26.1	26.1	26.1	25.3	26.0	23.2	24.9	26.2
Jalisco	27.1	29.2	31.8	32.9	32.9	29.9	29.0	29.0	28.3	28.9	28.2	27.7	29.6
Estado de México	21.4	23.3	26.0	26.3	25.0	22.2	22.3	22.1	21.5	22.4	21.0	22.0	23.0
Michoacán	26.9	28.3	31.1	31.8	31.1	28.2	28.0	27.7	27.5	28.0	26.8	27.0	28.5
Morelos	28.4	30.6	33.2	34.3	32.2	28.3	28.9	28.5	27.9	29.0	28.2	28.9	29.9
Nayarit	28.9	30.9	32.8	34.3	35.2	34.1	33.4	33.3	32.3	33.2	32.9	30.4	32.6
Nuevo León	23.5	25.3	29.1	32.0	33.2	33.9	32.5	34.5	33.4	30.9	25.6	27.3	30.1
Oaxaca	28.1	30.3	32.0	33.4	32.6	29.6	30.7	30.3	29.6	30.1	28.8	28.5	30.3
Puebla	24.0	25.9	28.6	29.6	28.3	25.3	26.2	26.1	25.3	25.9	24.0	25.5	26.2
Querétaro	24.5	27.2	30.1	31.9	30.6	27.7	27.5	28.0	27.0	27.1	25.1	26.2	27.7
Quintana Roo	29.1	30.5	31.3	33.4	33.7	32.9	33.7	33.7	33.3	32.8	30.3	30.6	32.1
San Luis Potosí	25.5	27.9	31.9	34.7	34.4	32.2	31.8	32.6	31.1	30.5	26.9	28.6	30.7
Sinaloa	28.6	29.9	32.1	34.6	36.6	37.4	36.3	35.9	34.9	35.0	33.8	31.1	33.9
Sonora	23.6	25.8	27.3	32.1	35.1	39.2	37.1	37.3	35.8	33.4	31.1	25.4	31.9
Tabasco	28.4	30.3	32.8	35.2	34.8	33.6	34.2	34.0	33.3	32.7	29.4	30.8	32.5
Tamaulipas	25.0	25.2	29.8	32.7	34.2	34.1	33.9	35.7	34.2	32.0	27.4	28.9	31.1
Tlaxcala	21.3	22.9	26.6	26.5	24.8	21.9	23.1	22.6	22.0	22.9	22.0	23.1	23.3
Veracruz	24.2	25.8	28.8	31.2	31.7	30.0	30.0	29.8	29.7	29.2	25.9	27.3	28.6
Yucatán	28.9	31.5	33.4	36.4	35.9	33.9	34.4	34.1	33.7	33.4	30.2	30.7	33.0
Zacatecas	23.6	26.5	29.4	30.6	31.2	28.3	26.0	26.9	25.9	26.5	25.2	25.5	27.1
<b>Nacional</b>	<b>24.6</b>	<b>26.7</b>	<b>29.2</b>	<b>31.6</b>	<b>32.8</b>	<b>32.8</b>	<b>31.8</b>	<b>32.0</b>	<b>31.2</b>	<b>30.2</b>	<b>27.6</b>	<b>26.7</b>	<b>29.8</b>

## Implementación del modelo

### Paso 1: Asignación de valores reales

Creamos un Excel para la implementación de nuestro modelo en donde en nuestra primera columna de anotaron los meses del año 2020 y 2021 con sus respectivas temperaturas del estado de Aguascalientes. Le asignamos valores de ponderación a nuestras variables Alfa, beta y gama que son valores entre 1 y 0.

Ponderación	Valores
m	6
$\alpha$	0.952
$\beta$	0.059
$\gamma$	0.011

Enero	1	20	20
Febrero	2	20.9	20.8568
Marzo	3	25.4	25.184353
Abril	4	28.9	28.736188
Mayo	5	33.4	33.199877
Junio	6	35.3	35.234175
Julio	7	33.6	33.717118
Agosto	8	35.1	35.065721
Septiembre	9	30.4	30.657979
Octubre	10	30.7	30.717518
Noviembre	11	26.7	26.911392
Diciembre	12	19.5	19.862424
Enero	13	19.7	19.694117
Febrero	14	23.3	23.113063
Marzo	15	25.7	25.570644
Abril	16	29	28.837911
Mayo	17	32.5	32.335421
Junio	18	35.1	34.988989
Julio	19	31.3	31.506781
Agosto	20	31.2	31.231429
Septiembre	21	30.8	30.838662
Octubre	22	29.1	29.196857
Noviembre	23	25.3	25.496928
Diciembre	24	22.9	23.025889

Se colocó el número de periodos que se van a ocupar en ST con un valor de 1. Los periodos que vamos a ocupar son 12, que son la cantidad de meses que se va a pronosticar para el año 2022, entonces serían un total de 12 unos.

St	X
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	

### **Paso2: Calcular el nivel estimado**

Nuestro siguiente paso fue calcular el nivel estimado para el desarrollo de nuestra primera fórmula, sustituimos nuestros respectivos datos de temperatura en nuestra primera ecuación

$$A_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \alpha \in (0,1)$$

Para calcular el nivel estimado de la temperatura en el momento de tiempo  $A_t$  se requiere dar una ponderación  $\alpha$  cuyo valor tomara el 0.952, nuestro valor  $x_t$  es el valor real de nuestra temperatura y comenzara a partir de febrero y la temperatura es de 20.9, a la variable observada en el momento sin el efecto de la estacionalidad  $S_{t-s}$  tomará un valor de 1 que es el valor que se agregó en  $s_t$  de la cantidad de periodos y se le resta nuestro valor de ponderación  $\alpha$ . Con el fin de capturar el nivel actual, al nivel en el momento anterior  $A_{t-1}$  con valor 20 que es la temperatura de enero. Se le suma la tendencia en el momento anterior  $T_{t-1}$  y se le da una ponderación que es igual a  $(1 - \alpha)$ . Nuestra formula AT del mes de febrero sustituyendo los valores nos quedaría de la siguiente forma

$$A_t = 0.952 \left( \frac{20.9}{1} \right) + (1 - 0.952)(20 + 0) = 20.85$$

Formula Bar:  $= \$K\$11 * C15 / F3 + (1 - \$K\$11) * (D14 + E14)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Temperatura Promedio, Chihuahua 2020-2021										
2	Meses	t	Xt	At	Tt	St	X				
3		-10				1					
4		-9				1					
5		-8				1					
6		-7				1					
7		-6				1					
8		-5				1					
9		-4				1					
10		-3				1					
11		-2				1					
12		-1				1					
13		0				1					
14	Enero	1	20	20	0	1					
15	Febrero	2	20.9	$= \$K\$11 * C15 / F3 + (1 - \$K\$11) * (D14 + E14)$			20	0.9			

Summary Table:

Ponderación	Valores
m	6
$\alpha$	0.952
$\beta$	0.059
$\gamma$	0.011

Nuestro formula AT del mes de marzo sustituyendo los valores nos quedaría de la siguiente forma.

$$A_t = 0.952 \left( \frac{25.4}{1} \right) + (1 - 0.952)(20.8568 + 0.055512) = 25.184353$$



SUMA

= \$K\$11 \* C16 / F4 + (1 - \$K\$11) \* (D15 + E15)

Temperatura Promedio, Chihuahua 2020-2021						
Meses	t	Xt	At	Tt	St	X
		-10			1	
		-9			1	
		-8			1	
		-7			1	
		-6			1	
		-5			1	
		-4			1	
		-3			1	
		-2			1	
		-1			1	
		0			1	
Enero	1	20	20	0	1	
Febrero	2	20.9	20.8568	0.0505512	1.0000228	0.9
Marzo	3	25.4	= \$K\$11 * C16 / F4 + (1 - \$K\$11) * (D15 + E15)	20.907351	4.4926488	

Ponderación	Valores
m	6
α	0.952
β	0.059
γ	0.011

Ponderación	Valores
m	6
$\alpha$	0.952
$\beta$	0.059
$\gamma$	0.011

Se realizo la misma formula para los 12 meses de cada año en cada estado.

### Paso 3 Calcular Estimación de Tendencia

La tendencia que presentan la temperatura en el momento t puede ser expresada mediante  $T_t$ . Para el cálculo de la tendencia aditiva se pondera la tendencia que tienen la ponderación ( $\gamma$ ) en el momento t. El primer término de la ecuación pondera la tendencia actual ( $\gamma$ ) con valor 0.059 con el nivel que se tuvo en el momento t y en un momento anterior, El valor  $A_t$  es el valor real del mes del febrero =20.85.68 y se le restara el mes anterior enero=20. El valor  $st = 1$  se le resta nuestro valor de  $\gamma=0.059$  y se multiplica por  $T_t=0$ . Se realizo el mismo paso para los siguientes meses del año 2020 y el año 2021

$$T_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma) T_{t-1} \quad \gamma \in (0,1)$$

$$T_t = 0.059(20.8568 - 20) + (1 - 0.059)(0) = 0.505512$$

SUMA

= \$K\$12 \* (D15 - D14) + (1 - \$K\$12) \* E14

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Temperatura Promedio, Chihuahua 2020-2021										
2	Meses	t	Xt	At	Tt	St	X				
3			-10				1				
4			-9				1				
5			-8				1				
6			-7				1				
7			-6				1				
8			-5				1				
9							1				
10			-3				1				
11			-2				1				
12			-1				1				
13			0				1				
14	Enero	1	20	20	0						
15	Febrero	2	20.9	20.8568	= \$K\$12 * (D15 - D14) + (1 - \$K\$12) * E14			0.9			
16	Marzo	3	25.4	25.184353	0.3028943	1.0000942	20.907351	4.4926488			

Ponderación	Valores
m	6
$\alpha$	0.952
$\beta$	0.059
Y	0.011

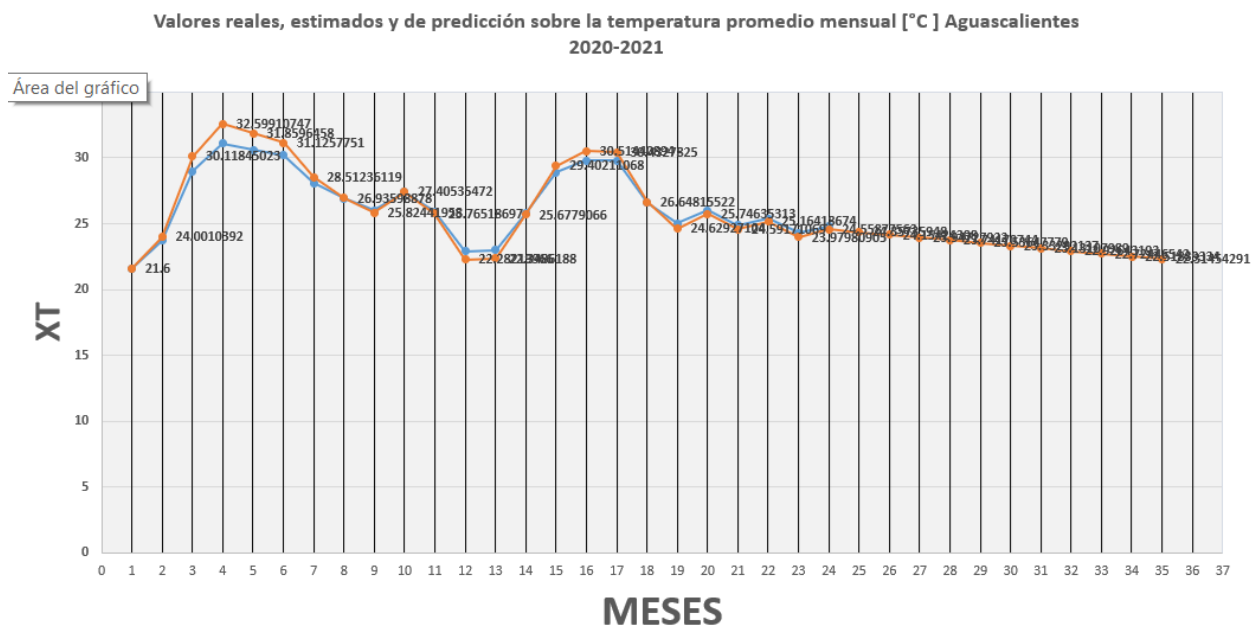
Ponderación	Valores
m	6
$\alpha$	0.952
$\beta$	0.059
$\gamma$	0.011





### Paso: Grafica

Teniendo nuestra tabla se realiza la gráfica de la columna de datos reales  $x_t$  y la del pronóstico  $\hat{x}$ . Nuestro objetivo de simulación era obtener los datos del pronóstico más precisos del año 2022, pero solamente el modelo se acerca a los datos más reales en los meses de enero a abril del 2022.



Se realiza el mismo paso con todos los meses del México en un periodo del 2020 al 2021 para pronosticar la temperatura de los meses del año 2022. Al analizar la información que nos arroja nuestra gráfica, se obtuvieron datos más reales en los meses de enero a abril del nuestro pronostico del año 2022. A partir del mes mayo a diciembre, nuestros datos se empiezan a alejar de la realidad.

Nuestros valores se analizan en la etapa de interpretación.

## Implementación del método en la computadora

### *Ventana principal*

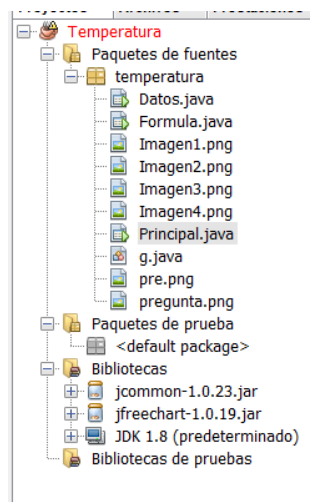
#### Paso 1

Se paso a realizar la parte de la programación y el diseño de la interfaz. Para la realización de nuestro programa primero se descargaron dos librerías, las librerías ocupadas en mi proyecto es:

- **JFreeChart:** Es una librería que nos permite crear graficas de manera sencilla el grafico utilizado en nuestro proyecto es el Gráficos XY. Es posible usar un eje del tiempo.
- **JCommon:** JCommon es una biblioteca de clases de Java que utilizan JFreeChart, Pentaho Reporting y algunos otros proyectos.

#### Paso 2

Se creo un nuevo proyecto para diseñar nuestras interfaces y subir nuestras imágenes e iconos que se ocuparan para la realización del programa



### Paso 3

Importamos nuestras librerías a utilizar para nuestro programa. A qui se importa la librería Graphics la creación de nuestros mensajes. La librería PageFormat para imprimir nuestra grafica con la tabla de resultados. Los arreglos, todas estas librerías son importantes para la implementación de nuestro proyecto

```
import java.awt.Graphics;
import java.awt.Graphics2D;
import java.awt.print.PageFormat;
import java.awt.print.Printable;
import java.awt.print.PrinterException;
import java.awt.print.PrinterJob;
import java.io.IOException;
import java.text.DecimalFormat;
import java.util.ArrayList;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.swing.table.DefaultTableModel;
import javax.swing.JOptionPane;
import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
import javax.tools.JavaCompiler;
import javax.tools.ToolProvider;
```

### Paso 4

Se crean arreglos para almacenar nuestros datos de temperatura de cada estado, estos datos son los reales.

```
double[] Aguascaliente = {21.6, 23.7, 29.0, 31.1, 30.6, 30.2, 28.1, 26.9, 26.0, 27.4, 25.9, 22.9, 23.0, 25.8, 28.9, 29.8, 29.8, 26.6, 25.0, 26.0, 24.9, 25.4, 24.3, 24.8};
double[] BajaCalifornia = {20.2, 21.0, 19.9, 24.6, 29.8, 31.4, 33.9, 35.4, 34.3, 30.6, 23.5, 20.4, 20.0, 20.8, 20.8, 25.2, 27.8, 31.3, 33.2, 33.1, 32.7, 27.4, 25.8, 19.8};
double[] Campeche = {30.2, 32.4, 34.9, 29.5, 36.7, 34.1, 35.0, 34.4, 34.0, 32.2, 31.0, 29.1, 29.3, 31.3, 33.9, 36.5, 36.2, 34.8, 34.6, 34.4, 34.2, 33.4, 30.5, 34.3};
double[] Coahuila = {21.6, 23.5, 29.2, 31.5, 34.1, 34.8, 35.7, 35.5, 30.4, 31.2, 27.2, 22.0, 21.6, 24.4, 28.4, 30.9, 33.5, 35.0, 33.7, 34.0, 33.7, 31.0, 25.8, 26.9};
double[] Colima = {32.6, 31.9, 33.2, 33.5, 33.2, 33.9, 34.1, 33.2, 33.1, 34.3, 34.4, 32.3, 31.9, 31.3, 32.5, 32.7, 34.1, 33.3, 33.8, 33.1, 32.7, 33.7, 33.6, 32.6};
double[] Chiapas = {31.1, 32.3, 32.8, 34.9, 33.5, 30.9, 31.8, 31.3, 30.8, 30.2, 30.0, 28.4, 30.2, 31.4, 32.4, 33.9, 32.7, 31.5, 31.9, 31.5, 30.8, 30.9, 28.7, 29.8};
double[] Chihuahua = {20.0, 20.9, 25.4, 28.9, 33.4, 35.3, 33.6, 35.1, 30.4, 30.7, 26.7, 19.5, 19.7, 23.3, 25.7, 29.0, 32.5, 35.1, 31.3, 31.2, 30.8, 29.1, 25.3, 22.9};
double[] CiudadMexico = {23.0, 25.9, 27.9, 28.4, 27.3, 26.5, 26.1, 24.9, 23.9, 24.5, 23.7, 23.2, 23.2, 25.4, 27.8, 28.3, 27.1, 24.2, 25.3, 25.2, 24.3, 23.9, 22.3, 23.7};
double[] Durango = {21.1, 23.3, 27.8, 30.5, 32.1, 32.7, 30.9, 31.2, 27.5, 28.5, 26.5, 21.9, 22.2, 25.8, 28.3, 30.2, 31.8, 31.6, 28.3, 28.5, 28.1, 27.5, 25.3, 24.4};
double[] Guanajuato = {23.9, 26.5, 30.1, 32.3, 31.2, 29.7, 28.6, 27.2, 26.6, 28.0, 26.6, 24.7, 25.1, 27.5, 30.5, 31.4, 30.5, 26.9, 26.5, 26.9, 25.7, 26.5, 25.2, 25.8};
double[] Guerrero = {31.5, 32.4, 33.6, 34.5, 34.2, 33.2, 32.2, 31.9, 31.1, 32.0, 32.2, 31.2, 31.0, 31.4, 33.4, 34.6, 34.5, 31.3, 32.2, 31.2, 31.1, 31.5, 31.4, 31.8};
double[] Hidalgo = {23.2, 25.1, 28.5, 30.8, 29.7, 27.9, 28.6, 26.7, 26.0, 25.8, 23.7, 23.0, 23.4, 26.2, 28.7, 29.5, 29.3, 26.1, 26.1, 26.1, 25.3, 26.0, 23.2, 24.9};
double[] Jalisco = {26.2, 28.2, 31.7, 32.8, 32.8, 32.4, 30.1, 29.5, 29.0, 30.4, 29.6, 26.5, 27.1, 29.2, 31.8, 32.9, 32.9, 29.9, 29.0, 29.0, 28.3, 28.9, 28.2, 27.7};
double[] EstadoMexico = {20.4, 23.1, 25.6, 26.2, 25.2, 24.2, 23.3, 22.2, 21.7, 22.6, 22.0, 20.9, 21.4, 23.3, 26.0, 26.3, 25.0, 22.2, 22.3, 22.1, 21.5, 22.4, 21.0, 22.0};
double[] Michoacan = {26.5, 28.7, 31.2, 32.8, 32.4, 30.9, 29.3, 28.3, 27.9, 28.9, 28.5, 26.6, 26.9, 28.3, 31.1, 31.8, 31.1, 28.2, 28.0, 27.7, 27.5, 28.0, 26.8, 27.0};
double[] Morelos = {28.1, 30.3, 33.7, 34.9, 34.0, 32.0, 29.4, 28.8, 27.5, 28.7, 29.3, 28.3, 28.4, 30.6, 33.2, 34.3, 32.2, 28.3, 28.9, 28.5, 27.9, 29.0, 28.2, 28.9};
double[] Nayarit = {29.9, 29.9, 32.6, 34.1, 35.3, 35.8, 34.3, 34.0, 33.3, 34.8, 34.5, 29.1, 28.9, 30.9, 32.8, 34.3, 35.2, 34.1, 33.4, 33.3, 32.3, 33.2, 32.9, 30.4};
double[] NuevoLeon = {23.5, 24.6, 30.4, 31.6, 33.1, 33.3, 35.1, 34.7, 30.9, 31.3, 27.7, 22.9, 23.5, 25.3, 29.1, 32.0, 33.2, 33.9, 32.5, 34.5, 33.4, 30.9, 25.6, 27.3};
double[] Oaxaca = {28.8, 30.4, 32.8, 34.6, 33.2, 31.4, 31.3, 30.3, 30.1, 30.0, 29.3, 29.3, 28.1, 30.3, 32.0, 33.4, 32.6, 29.6, 30.7, 30.3, 29.6, 30.1, 28.8, 28.5};
double[] Puebla = {23.7, 25.7, 29.0, 30.9, 29.5, 28.3, 28.0, 26.8, 25.8, 26.4, 25.4, 23.8, 24.0, 25.9, 28.6, 29.6, 28.3, 25.3, 26.2, 26.1, 25.3, 25.9, 24.0, 25.5};
double[] Queretaro = {23.9, 27.3, 30.9, 32.7, 31.8, 30.1, 29.7, 28.0, 27.1, 27.7, 25.7, 23.1, 24.5, 27.2, 30.1, 30.9, 30.6, 27.7, 27.5, 28.0, 27.0, 27.1, 25.1, 26.2};
double[] QuintanaRoo = {30.4, 31.3, 32.2, 34.4, 33.8, 33.2, 34.3, 34.2, 34.5, 32.6, 31.1, 29.3, 29.1, 30.5, 31.3, 33.4, 33.7, 32.9, 33.7, 33.7, 33.3, 32.8, 30.3, 30.6};
double[] SanLuisPotosi = {25.5, 27.1, 32.0, 36.1, 34.6, 34.4, 35.1, 33.4, 31.8, 31.8, 29.1, 24.9, 25.5, 27.9, 31.9, 34.7, 34.4, 32.2, 31.8, 32.6, 31.1, 30.5, 26.9, 28.6};
double[] Sinaloa = {28.4, 29.1, 31.5, 34.0, 36.3, 37.7, 36.9, 37.1, 35.9, 36.6, 34.2, 29.3, 28.6, 29.9, 32.1, 34.6, 36.6, 37.4, 36.3, 35.9, 34.9, 35.0, 33.8, 31.1};
double[] Sonora = {28.4, 29.1, 31.5, 34.0, 36.3, 37.7, 36.9, 37.1, 35.9, 36.6, 34.2, 29.3, 23.6, 25.8, 27.3, 32.1, 35.1, 39.2, 37.1, 37.3, 35.8, 33.4, 31.1, 25.4};
double[] Tabasco = {29.1, 31.0, 33.6, 36.9, 35.4, 33.1, 34.6, 33.5, 32.6, 31.4, 29.7, 27.9, 28.4, 30.3, 32.8, 35.2, 34.8, 33.6, 34.2, 34.0, 33.3, 32.7, 29.4, 30.8};
double[] Tamaulipas = {25.5, 25.6, 31.5, 33.8, 34.0, 34.2, 36.1, 35.1, 32.8, 32.2, 29.3, 25.2, 25.0, 25.2, 29.8, 32.7, 34.2, 34.1, 33.9, 35.7, 34.2, 32.0, 27.4, 28.9};
double[] Tlaxcala = {21.0, 23.7, 26.5, 26.7, 25.1, 24.1, 23.8, 22.8, 21.8, 23.2, 22.2, 21.0, 21.3, 22.9, 26.6, 26.5, 24.8, 21.9, 23.1, 22.6, 22.0, 22.9, 22.0, 23.1};
double[] Veracruz = {24.6, 25.7, 30.0, 33.0, 31.6, 30.3, 31.7, 30.0, 29.5, 28.8, 26.8, 24.0, 24.2, 25.8, 28.8, 31.2, 31.7, 30.0, 30.0, 39.8, 39.7, 39.2, 25.9, 27.3};
double[] Yucatan = {29.9, 32.1, 34.6, 38.8, 36.0, 33.7, 34.9, 34.7, 34.7, 32.0, 30.1, 28.8, 28.9, 31.5, 33.4, 36.4, 35.9, 33.9, 34.4, 34.1, 33.7, 33.4, 30.2, 30.7};
double[] Zacatecas = {21.6, 23.9, 28.7, 30.8, 30.9, 30.6, 27.8, 27.7, 26.4, 28.3, 26.8, 23.3, 23.6, 26.5, 29.4, 30.6, 31.2, 28.3, 26.0, 26.9, 25.9, 26.5, 25.2, 25.5};
```

## Paso 5

Se crea nuestro método para el modelo de Holt-Winters, es esta parte del código se inicializan los valores de nuestras variables de suavizada exponencial, la estimación tendencia, y estimación de estacionalidad.

```
public void modelo(double xt[], double alfa, double delta, double beta) {
    try {
        ArrayList cal = new ArrayList();
        ArrayList<ArrayList> Dcal = new ArrayList();
        ArrayList cal2 = new ArrayList();
        ArrayList cal3 = new ArrayList();
        double[] xd = new double[23];
        double At = xt[0];
        double St = 1.0;
        double Tt = 0.0;
        double x;
        int t;
    }
}
```

En nuestro primer for se implementan las fórmulas de nuestro método cuando st vale 0, Serie suavizada exponencialmente o nivel estimado, Estimación de Tendencia, Estimación de estacionalidad, y nuestro pronóstico, una vez calculados nuestros datos se almacenan en el arreglo de cal3. este for nos permitirá pronosticar las temperaturas.

```
for (int i = 1; i < 12; i++) {
    double at_1 = At;
    double s = St;
    double tt = Tt;
    At = ((alfa * (xt[i] / 1)) + ((1 - alfa) * (at_1 + Tt)));
    Tt = (delta * (At - at_1)) + ((1 - delta) * Tt);
    St = ((xt[i] * beta) / At) + ((1 - beta) * 1);
    x = (at_1 + (1 * tt)) * 1;
    cal3 = new ArrayList();
    cal3.add(xt[i]);
    cal3.add(x);
    Dcal.add(cal3);
}
}
```

Nuestro segundo for es cuando toma valores reales de nuestros datos st, y se utilizan las mismas fórmulas que en el primer for, los datos de nuestra variable st fueron los obtenidos desde los años 2020 al 2021

```

St=1.0;
for (int i = 12; i < 24; i++) {
    double at_1 = At;
    double s = St;
    double tt = Tt;
    At = ((alfa * (xt[i] / St)) + ((1 - alfa) * (at_1 + Tt)));
    Tt = (delta * (At - at_1)) + ((1 - delta) * Tt);
    St = ((xt[i] * beta) / At) + ((1 - beta) * St);
    xd[i - 12] = St;
    x = (at_1 + (1 * tt)) * s;
    System.out.println("Xd");
    System.out.println(xd[i - 12]);
    cal = new ArrayList();
    cal.add(xt[i]);
    cal.add(x);
    Dcal.add(cal);
}

```

El ultimo for nos permite ver los datos pronosticados x del año 2022 en esta parte es donde se rellena nuestra tabla con los datos pronosticados utilizando el método `g g = new g();`  
`g.grafica(grafica, Dcal, 0);`  
`tabla(Dcal);`

```

for (int i = 1; i < 13; i++) {
    x = (At + (i * Tt)) * xd[i - 1];
    //System.out.println(x);
    cal2 = new ArrayList();
    cal2.add(-1.0);
    cal2.add(x);
    Dcal.add(cal2);
}

//Rellena los datos de nuestra tabla en los valores pronosticados
g g = new g();
g.grafica(grafica, Dcal, 0);
tabla(Dcal);
} catch (NumberFormatException e) {
}

```

## Paso 6

Este método nos permite crear nuestra tabla, asignamos en nuestro modelo.addcolumna, los nombres de nuestras columnas que se van a utilizar en nuestra tabla, en un arreglo de mes, se agregan los meses a pronosticar y agrega los datos en una tabla con el arreglo datos.



```

public void tabla(ArrayList<ArrayList> arr) {
    DefaultTableModel modelo = new DefaultTableModel();
    String datos[] = new String[5];
    modelo.addColumn("Meses");
    modelo.addColumn("Temperatura");
    modelo.addColumn("Pronostico");
    // Datos para la columna mes
    String mes[]={"2020-Enero","2020-Febrero","2020-Marzo","2020-Abril","2020-Mayo","2020-Junio","2020-Julio","2020-Agosto","2020-Septiembre","2020-Octubre","2020-Noviembre",
    "2021-Enero","2021-Febrero","2021-Marzo","2021-Abril","2021-Mayo","2021-Junio","2021-Julio","2021-Agosto","2021-Septiembre","2021-Octubre","2021-Noviembre","2022-Enero",
    "2022-Febrero","2022-Marzo","2022-Abril","2022-Mayo","2022-Junio","2022-Julio","2022-Agosto","2022-Septiembre","2022-Octubre","2022-Noviembre","2022-Diciembre"};
    for (int x = 0; x < arr.size(); x++) {
        datos[0] = mes[x+1];
        datos[1] = decimal.format((Double) arr.get(x).get(0));
        datos[2] = decimal.format((Double) arr.get(x).get(1));
        modelo.addRow(datos);
    }
    tabla.setModel(modelo);
}

```

## Paso 7

Se crea el botón graficar

**Graficar**

Para el funcionamiento del botón, se realiza la programación para graficar los datos reales y pronosticado de nuestras temperaturas, y nos muestra nuestra tabla. Para los valores de omega, alfa y beta se agregan por defecto para que el usuario no este ingresando datos.

```

private void BgActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Aguascaliente") {
        modelo(Aguascaliente,0.802,0.011,0.011);
    }if (es.getSelectedItemAt().toString()=="Baja California"){
        modelo(BajaCalifornia,0.802,0.11,0.011);
    }
    if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Campeche") {
        modelo(Campeche,0.999,0.202,0.011);
    }
    if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Coahuila") {
        modelo(Coahuila,0.952,0.202,0.011);
    }if (es.getSelectedItemAt().toString()=="Chiapas"){
        modelo(Chiapas,0.952,0.202,01);
    }if (es.getSelectedItemAt().toString()=="Chihuahua"){
        modelo(Chihuahua,0.952,0.202,0.011);
    }if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Colima") {
        modelo(Colima,0.952,0.202,0.011);
    }if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Ciudad de Mexico") {
        modelo(CiudadMexico,0.952,0.202,0.011);
    }
    if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Durango") {
        modelo(Durango,0.952,0.202,0.011);
    }
    if (es.getSelectedItemAt().toString() == "Guanajuato") {

```

## Paso 8

Se crean nuestros botones para movernos entre ventanas

```
private void FormulaActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // Nos cambia de ventana
    Formula pd = new Formula(); //Creamos objeto con la otra ventana que nos vamos a mover
    pd.setVisible(true); // Nos muestra la tra ventana
    this.dispose(); // metodo para que no se nos acumule la ventanas
}

private void infoActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    Datos pd = new Datos(); //Creamos objeto con la otra ventana que nos vamos a mover
    pd.setVisible(true); // Nos muestra la tra ventana
    this.dispose(); // metodo para que no se nos acumule la ventanas
    //Datos datos = new Datos();
}

private void DatosActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
}
```

## Datos

**FÓRMULA**

**IMPRIMIR**

**INFORMACIÓN**

## Paso 9

Se crea nuestro botón imprimir

**IMPRIMIR**

Para la realización de este botón se utilizó un método print en donde se hizo uso de la librería graphics este método nos permite imprimir nuestra pantalla en un tamaño de hoja carta

```

@Override
public int print(Graphics graphics, PageFormat pageFormat, int pageIndex) throws PrinterException {
    //Metodo para imprimir

    if(pageIndex==0){
        Graphics2D graphics2d = (Graphics2D) graphics;
        //Convierte el grafico normal a pd
        //graphics2d.translate(pageFormat.getImageableX(), pageFormat.getImageableY());
        graphics2d.translate(pageFormat.getImageableX(), pageFormat.getImageableY());
        //graphics2d.scale(0.4, 1.1);
        graphics2d.scale(0.5, 0.5);
        //tabla.printAll(graphics2d);
        //grafica.printAll(graphics2d);
        jPanel1.printAll(graphics2d);
        return PAGE_EXISTS;
    }else{
        return NO_SUCH_PAGE;
    }
}

```

Ya por último en nuestro botón imprimir llamamos a nuestro método print para realizar la impresión de nuestra pantalla

```

private void btnImprimirActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
    job.setPrintable(this);
    if(job.printDialog()){
        try{
            job.print();
        }catch(PrinterException ex){

        }

    }else{
        JOptionPane.showMessageDialog(this, "La impresion se cancelo");
    }
}

```

## Paso 10

Para abrir el pdf del manual, se colocó la ruta de donde se encuentra nuestro pdf con un Runtime para abrir el pdf, este mismo paso se repitió en los botones del artículo manual y datos.

```

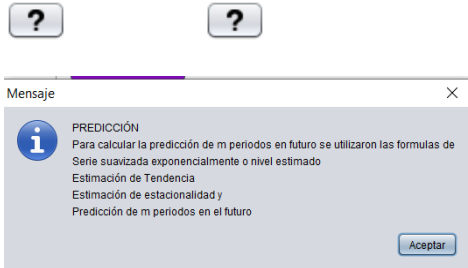
private void BTNManualActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // Boton para ver el pdf del manual
    try{
        Runtime.getRuntime().exec("rundll32 url.dll,FileProtocolHandler " + "C:\\Users\\HP\\OneDrive\\Documentos\\DOCUMENTOS\\UNIVERSIDAD\\Simu.
    } catch (Exception e) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Check file details");
    }
}

```

## Paso 11

Nuestro botón de dudas nos muestra información importante sobre nuestra tabla

```
private void btnPreActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    JOptionPane.showMessageDialog(this, "PREDICCIÓN \nPara calcular la predicción de m periodos en futuro se utilizaron las formulas de "
        + "\nSerie suavizada exponencialmente o nivel estimado "
        + "\nEstimación de Tendencia "
        + "\nEstimación de estacionalidad y "
        + "\nPredicción de m periodos en el futuro");
}
```



## Clase Grafica

Nuestra clase grafica nos permite hacer el diseño de una gráfica en donde contendrá los datos del nuestro pronostico y los valores reales, en este método se agregaron variables para los meses, variables para los datos de los datos reales y del pronóstico, y se les asigno color diferente a cada uno.

```

public void grafica(JPanel p,ArrayList<ArrayList> d,int op){
    XYLineAndShapeRenderer renderer;
    XYPlot plot;
    XYSeries sSeries = new XYSeries("Temperatura");
    XYSeries iSeries = new XYSeries("Predicción");
    String mes[]={"Enero","Febrero","Marzo","Abril","Mayo","Junio","Julio","Agosto","Septiembre","Octubre","Noviembre","Diciembre"}+
    "Enero","Febrero","Marzo","Abril","Mayo","Junio","Julio","Agosto","Septiembre","Octubre","Noviembre","Diciembre"+
    "Enero","Febrero","Marzo","Abril","Mayo","Junio","Julio","Agosto","Septiembre","Octubre","Noviembre","Diciembre";
    for(int x=0;x<d.size();x++){
        if((double)d.get(x).get(0)!=-1.0){
            sSeries.add(x+1,(double)d.get(x).get(0));
        }
        iSeries.add(x+1,(double)d.get(x).get(1));
    }
    XYSeriesCollection oDataset = new XYSeriesCollection();
    JFreeChart oChart = ChartFactory.createXYLineChart("Temperatura Holt-Winters","Mes","T",oDataset,PlotOrientation.VERTICAL,true,false,false)
    plot = oChart.getXYPlot();
    renderer = new XYLineAndShapeRenderer();
    if(op==1){
        oDataset.addSeries(sSeries);
        renderer.setSeriesPaint(0, Color.BLUE);
        renderer.setSeriesStroke(0, new BasicStroke(0.5f));
    }else if(op==2){
        oDataset.addSeries(iSeries);
        renderer.setSeriesPaint(0, Color.RED);
        renderer.setSeriesStroke(0, new BasicStroke(0.5f));
    }else if(op==3){
        renderer.setSeriesPaint(0, Color.GREEN);
        renderer.setSeriesStroke(0, new BasicStroke(0.5f));
    }else {
        oDataset.addSeries(sSeries);
        oDataset.addSeries(iSeries);
        renderer.setSeriesPaint(0, Color.BLUE);
        renderer.setSeriesPaint(1, Color.RED);
        renderer.setSeriesPaint(2, Color.GREEN);
        renderer.setSeriesStroke(0, new BasicStroke(0.5f));
        renderer.setSeriesStroke(1, new BasicStroke(0.5f));
        renderer.setSeriesStroke(2, new BasicStroke(0.5f));
    }
}

```

## Ventana Datos

En esta ventana se crearon información para mostrar los datos importantes al usuario sobre el modelo.

¿Qué es el método Holt Winters?	¿Qué es el método Holt Winters?
	El método de Holt Winters permite analizar series de tiempo univariantes que contienen factores de tendencia y/o estacionalidad, involucrando un enfoque de suavización exponencial con métodos analíticos y patrones aditivos y multiplicativos. El método de suavización exponencial utiliza los promedios históricos de una variable en un periodo para intentar predecir su comportamiento futuro.
Variables del método	Variables del método
	A: Valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t a: Constante de suavización exponencial para nivel b: Valor real de la serie de tiempo en el periodo t c: Componente de tendencia de la serie para el periodo t y: Constante de suavización exponencial para la tendencia d: Componente estacional de la serie para el periodo t s: Componente estacional de la serie para el periodo t e: Constante de suavización exponencial para la estacionalidad L: Longitud de tiempo de la estacionalidad (en Semestral) m: Periodos futuros a predecir Z: Valor Predicción de Holt-Winters para el periodo t+m
Datos Recabados	Datos Recabados
	Los datos recabados de la temperatura fueron tomados de la página <a href="https://datos.brevo.com/gob/mexico/clima/temperatura-y-luvia/resumen-mensual-de-temperatura-y-luvia">https://datos.brevo.com/gob/mexico/clima/temperatura-y-luvia/resumen-mensual-de-temperatura-y-luvia</a> Información por entidad federativa de temperaturas (°C) media, máxima y mínima, así como de la lluvia (mm) total acumulada mensual. También se pueden consultar los mapas de distribución de lluvia y temperaturas correspondientes a cada mes dando un clic en el nombre del mes correspondiente dentro de la tabla que se presenta por año. Se muestra una animación del año y evento que se desee visualizar dándole la posibilidad de obtener el mapa que sea de interés.

Para la creación de los botones y de texto, se crearon variables para aguaradar la información para posterior mente convertirlo a HTML.

```

private String que = "El método de Holt Winters permite analizar series de tiempo univariantes que contienen "
+ "factores de tendencia y/o estacionalidad, involucrando un enfoque de suavización exponencial "
+ "con métodos analíticos y patrones aditivos y multiplicativos. "
+ "El método de suavización exponencial utiliza los promedios históricos de una variable en un "
+ " periodo para intentar predecir su comportamiento futuro.";
private String v1 = "At: Valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t";
private String v2 = "a: Constante de suavización exponencial para nivel";
private String v3 = "Xt: Valor real de la serie de tiempo en el periodo t";
private String v4 = "Tt: Componente de tendencia de la serie para el periodo t";
private String v5 = "v: Constante de suavización exponencial para la tendencia";
private String v6 = "St: Componente estacional de la serie para el periodo t";
private String v7 = "St-s: componente estacional de la serie para el periodo t-s";
private String v8 = "δ: Constante de suavización exponencial para la estacionalidad";
private String v9 = "s: Longitud de tiempo de la estacionalidad (s=6 Semestral)";
private String v10 = "m: Periodos futuros a predecir";
private String v11 = "X' t+m: Predicción de Holt-Winters para el periodo t+m";
private String DATOS = "Los datos recabados de la temperatura fueron tomados de la pagina https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-ll
private String DATOS2="Información por entidad federativa de temperaturas (°C) media, máxima y mínima, así como de la lluvia (mm) total acumulada mens
+ "consultar los mapas de distribución de lluvias y temperaturas correspondientes a cada mes dando un doble click en el nombre del mes corres
+ "tabla que se presenta por año. Se muestra una animación del año y evento que se desee visualizar dándose la posibilidad de obtener el mapa

```

Una vez que tengamos nuestras variables procedemos a cambiar nuestros Sting a HTML

```

public String StrToHtml(String texto){
    return "<html><p>" +que+ "</p></html>";
}

//Cambia nuestro string a formato html
public String htmlVa(String texto){
    return "<html><p>" +v1+ "</p><p>" +v2+ "</p><p>" +v3+ "</p><p>" +v4+ "</p><p>" +v5+ "</p><p>" +v6+ "</p><p>" +v7+ "</p>"
    + "<p>" +v8+ "</p><p>" +v9+ "</p><p>" +v10+ "</p><p>" +v11+ "</p></html>";
}

//Cambia nuestro string a formato html
public String DatosHtml(String texto){
    return "<html><p>" +DATOS+ "</p><p>" +DATOS2+ "</p></html>";
}

```

En nuestro botón llamamos a nuestra variable en tipo HTML para mostrarlo en una etiqueta.

```

private void queueActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    queue.setText(StrToHtml(que));
}

private void btnvariableActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // Mostramos nuestras variables en una etiqueta
    variable.setText(htmlVa(v1));
    variable.setText(htmlVa(v2));
    variable.setText(htmlVa(v3));
    variable.setText(htmlVa(v4));
    variable.setText(htmlVa(v5));
    variable.setText(htmlVa(v6));
    variable.setText(htmlVa(v7));
    variable.setText(htmlVa(v8));
    variable.setText(htmlVa(v9));
    variable.setText(htmlVa(v10));
    variable.setText(htmlVa(v11));
}

private void jButton1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    dato.setText(DatosHtml(DATOS));
    dato.setText(DatosHtml(DATOS2));
}

```

### **Ventana formulas**

La única función que tienen esta ventana es mostrarle al usuario las fórmulas que se ocuparon para la implementación del programa

## **FÓRMULAS HOLT-WINTERS**

**Serie suavizada exponencialmente o nivel estimado**

$$A_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \alpha \in (0,1)$$

**Estimación de Tendencia**

$$T_t = \gamma(A_t - A_{t-1}) + (1 - \gamma) T_{t-1} \quad \gamma \in (0,1)$$

**Estimación de estacionalidad**

$$S_t = \delta \frac{X_t}{A_t} + (1 - \delta)S_{t-s} \quad \delta \in (0,1)$$

**Predicción de m periodos en el futuro**

$$\hat{X}_{t+m} = (A_t + mT_t)S_{t+m-s} \quad \delta \in (0,1)$$


---

### **Verificación del método**

Para verificar el modelo, el primer paso que se realizó es pasar nuestros datos reales a un Excel en donde se implementaron las fórmulas de nuestro modelo, y se pasó a graficar los datos reales y los datos pronosticados. Se crearon las tablas y las gráficas de los 31 estados de la república mexicana.

Para verificar el método, eligimos el estado de Coahuila para eso creamos nuestra tabla en el Excel y graficamos. Y en el programa graficamos nuestros datos.

Como podemos observar en nuestra tabla los datos son los mismos, el modelo está bien implementado.

En la primera tabla se encuentra todos nuestro calculos que se realizo en esta etapa, la primera columna de color amarillo son los datos reales de las temperaturas, y nuestra segunda columna son los datos de pronostico de la temperatura el desarrollo del calculo de nuestras formulas de este paso, se llevo en la etapa de imprementacion del modelo.

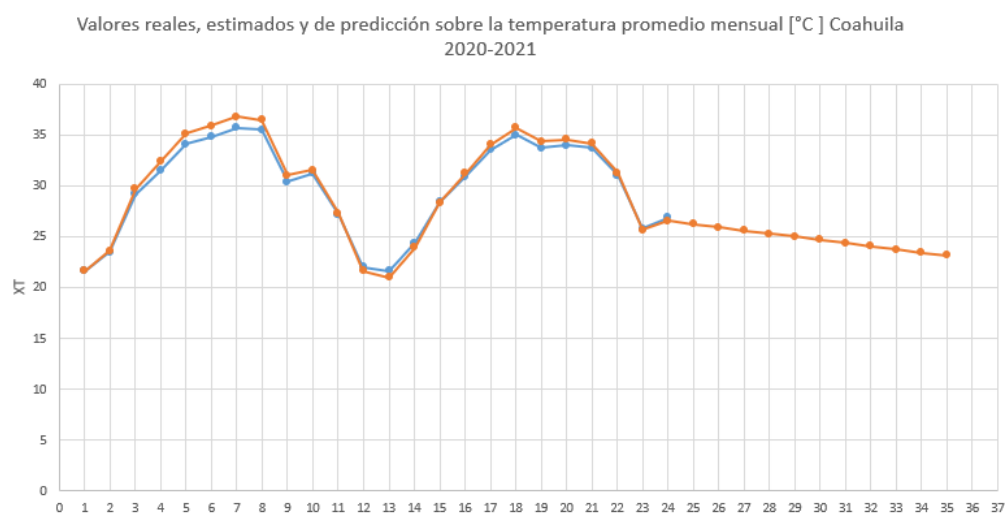
Febrero	2	23.5	23.4088	0.189924	1.0000429	21.6	1.9
Marzo	3	29.2	28.931139	0.7498275	1.0001022	23.598724	5.601276
Abril	4	31.5	31.412686	0.9316582	1.0000306	29.680966	1.8190337
Mayo	5	34.1	34.015729	1.1071535	1.0000273	32.344345	1.7556555
Junio	6	34.8	34.815498	1.0748782	0.9999951	35.122882	0.322882
Julio	7	35.7	35.709138	1.0558482	0.9999972	35.890377	0.1903765
Agosto	8	35.5	35.560719	0.9294001	0.9999812	36.764986	1.2649862
Septiembre	9	30.4	30.692326	0.3206318	0.9998952	36.490119	6.0901195
Octubre	10	31.2	31.191022	0.3393286	1.0000032	31.012958	0.1870425
Noviembre	11	27.2	27.407857	-0.0935333	0.9999166	31.530351	4.3303505
Diciembre	12	22	22.255088	-0.6247531	0.9998739	27.314324	5.3143235
Enero	13	21.6	21.601456	-0.6277853	0.9999993	21.630334	0.0303345
Febrero	14	24.4	24.234541	-0.2853939	1.0001175	20.97457	3.4254304
Marzo	15	28.4	28.183596	0.1592232	1.0001856	23.951595	4.448405
Abril	16	30.9	30.776356	0.4147446	1.0000744	28.343685	2.5563147
Mayo	17	33.5	33.388304	0.6454509	1.0000638	31.19195	2.3080495
Junio	18	35	34.953783	0.7420539	1.0000097	34.033588	0.966412
Julio	19	33.7	33.795891	0.5425595	0.999966	35.695737	1.9957368
Agosto	20	34	34.016854	0.5087919	0.999976	34.337805	0.3378051
Septiembre	21	33.7	33.742993	0.4266133	0.9998824	34.522028	0.8220283
Octubre	22	31	31.152048	0.1097697	0.9999494	34.169714	3.1697141
Noviembre	23	25.8	26.064216	-0.4359784	0.999806	31.259209	5.4592094
Diciembre	24	26.9	26.842185	-0.308514	0.999899	25.625007	1.2749933
Enero	25					26.533651	
Febrero	26					26.228238	
Marzo	27					25.921452	
Abril	28					25.610035	
Mayo	29					25.301228	
Junio	30					24.991343	
Julio	31					24.681748	
Agosto	32					24.373487	
Septiembre	33					24.062728	
Octubre	34					23.755844	
Noviembre	35					23.443981	
Diciembre	36					23.13768	

En la siguiente tabla son los datos que se obtubieron a partir de la creacion y imprementar el modelo en nuestro programa, como podemos observar estos datos son iguales a la informacion que registramos en nuestro exel, para comprobar que efectivabmente nuestra infomracion de nuestro programa funcionara correctamente.

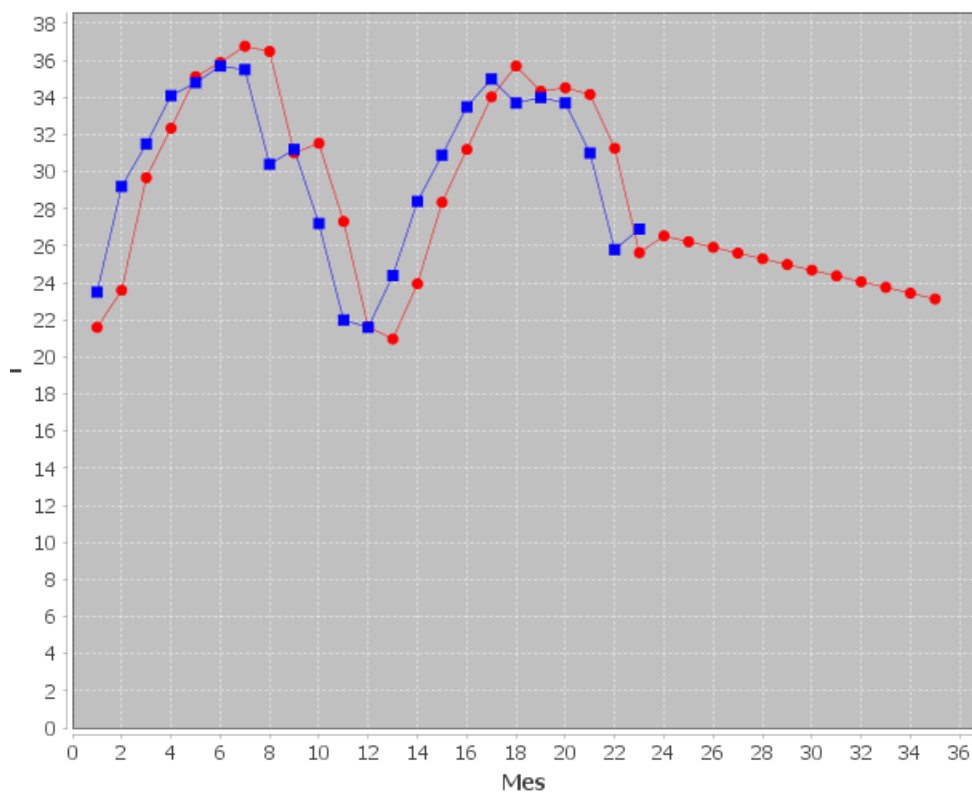


Meses	Temperatura	Pronostico
2020-Abril	31.500	29.681
2020-Mayo	34.100	32.344
2020-Junio	34.800	35.123
2020-Julio	35.700	35.890
2020-Agosto	35.500	36.765
2020-Septiembre	30.400	36.490
2020-Octubre	31.200	31.013
2020-Noviembre	27.200	31.530
2020-Diciembre	22.000	27.314
2021-Enero	21.600	21.630
2021-Febrero	24.400	20.974
2021-Marzo	28.400	23.952
2021-Abril	30.900	28.348
2021-Mayo	33.500	31.193
2021-Junio	35.000	34.036
2021-Julio	33.700	35.696
2021-Agosto	34.000	34.337
2021-Septiembre	33.700	34.524
2021-Octubre	31.000	34.165
2021-Noviembre	25.800	31.260
2021-Diciembre	26.900	25.623
2022-Enero	-1.000	26.529
2022-Febrero	-1.000	26.223
2022-Marzo	-1.000	25.916
2022-Abril	-1.000	25.609
2022-Mayo	-1.000	25.301
2022-Junio	-1.000	24.993
2022-Julio	-1.000	24.683
2022-Agosto	-1.000	24.375
2022-Septiembre	-1.000	24.066
2022-Octubre	-1.000	23.756
2022-Noviembre	-1.000	23.445
2022-Diciembre	-1.000	23.137

Se realizan la comparación de nuestra grafica de nuestro Excel y la gráfica de nuestro programa. En nuestra grafica los datos de color azul son los valores de las temperaturas reales y los datos del pronostico son los de color naranja como podemos observar nuestras dos líneas de nuestras graficas se encuentran juntas esto significa que nuestros datos del pronóstico son más reales, entre más alejadas estén significa que el error del pronostico es mas grande.



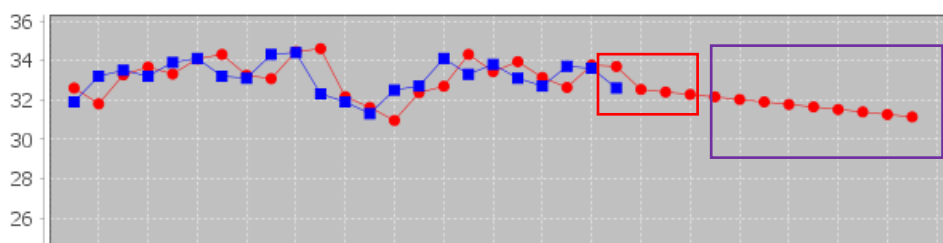
### Temperatura Holt-Winters



## Interpretación y resultado

En esta etapa se realizó un análisis de nuestros datos obtuvimos, al comparar nuestras gráficas, se observó que los datos de nuestro pronostico de los primeros meses del año 2022 se acercan mas a la realizada

Meses	Temperatura	Pronostico
2020-Abril	33.500	33.268
2020-Mayo	33.200	33.668
2020-Junio	33.900	33.312
2020-Julio	34.100	34.074
2020-Agosto	33.200	34.306
2020-Septiembre	33.100	33.248
2020-Octubre	34.300	33.073
2020-Noviembre	34.400	34.443
2020-Diciembre	32.300	34.596
2021-Enero	31.900	32.163
2021-Febrero	31.300	31.614
2021-Marzo	32.500	30.956
2021-Abril	32.700	32.365
2021-Mayo	34.100	32.687
2021-Junio	33.300	34.307
2021-Julio	33.800	33.429
2021-Agosto	33.100	33.935
2021-Septiembre	32.700	33.131
2021-Octubre	33.700	32.629
2021-Noviembre	33.600	33.764
2021-Diciembre	32.600	33.691
2022-Enero	-1.000	32.525
2022-Febrero	-1.000	32.398
2022-Marzo	-1.000	32.272
2022-Abril	-1.000	32.146
2022-Mayo	-1.000	32.020
2022-Junio	-1.000	31.893
2022-Julio	-1.000	31.766
2022-Agosto	-1.000	31.639
2022-Septiembre	-1.000	31.512
2022-Octubre	-1.000	31.386
2022-Noviembre	-1.000	31.259
2022-Diciembre	-1.000	31.132



Se hizo un análisis de la temperatura en los diferentes estados, el primer análisis que se realizó fue del estado de Colima, se analizó que los primeros 3 a 4 meses de nuestro pronóstico

son datos que se acercan más a la realidad, a partir del mes de mayo nuestros datos se alejan de la realidad. Nuestras temperaturas van a disminuir conforme pase el tiempo en el periodo del 2022.

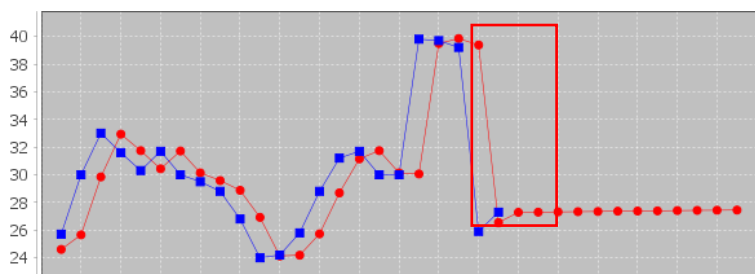
Veracruz

Graf

?

?

Meses	Temperatura	Pronostico
2020-Abril	33.000	29.849
2020-Mayo	31.600	32.939
2020-Junio	30.300	31.740
2020-Julio	31.700	30.430
2020-Agosto	30.000	31.713
2020-Septiembre	29.500	30.138
2020-Octubre	28.800	29.580
2020-Noviembre	26.800	28.879
2020-Diciembre	24.000	26.919
2021-Enero	24.200	24.129
2021-Febrero	25.800	24.186
2021-Marzo	28.800	25.730
2021-Abril	31.200	28.693
2021-Mayo	31.700	31.146
2021-Junio	30.000	31.745
2021-Julio	30.000	30.135
2021-Agosto	39.800	30.058
2021-Septiembre	39.700	39.491
2021-Octubre	39.200	39.845
2021-Noviembre	25.900	39.379
2021-Diciembre	27.300	26.547
2022-Enero	-1.000	27.280
2022-Febrero	-1.000	27.297
2022-Marzo	-1.000	27.313
2022-Abril	-1.000	27.330
2022-Mayo	-1.000	27.346
2022-Junio	-1.000	27.360
2022-Julio	-1.000	27.376
2022-Agosto	-1.000	27.395
2022-Septiembre	-1.000	27.410
2022-Octubre	-1.000	27.425
2022-Noviembre	-1.000	27.433
2022-Diciembre	-1.000	27.449



El segundo estado que se analizó fue el estado de Veracruz, se detectó que el modelo es preciso para pronosticar los meses de enero a abril del año 2022, a partir del mes de mayo a

diciembre los datos del pronóstico se alejan de la realidad. Y nuestra temperatura incrementa su valor, va subiendo.

## **Conclusión**

El Objetivo de nuestra investigación fue el conocimiento sobre el comportamiento de nuestra variable temperatura a lo largo del tiempo, para realizar pronósticos a corto y mediano plazo. Se propuso el modelo de Holt-Winters como estrategia para el análisis y predicción sobre el comportamiento de variables en un periodo de tiempo de un año. El modelo de Holt-Winters propuesto puede ser considerado como una herramienta de predicción muy importante para predecir cambios de temperaturas para los siguientes meses. Se determinó que el modelo es preciso para los primeros 3 a 4 meses del año 2022, mientras más lejano sea el tiempo el pronóstico de la temperatura es menos preciso. En conclusión, se llegó que es de suma importancia contar con una herramienta de pronóstico de temperatura, para determinar si en los próximos meses futuros, habrá un cambio brusco de temperatura que pueda perjudicar a nuestro ecosistema ambiental.

## Referencias

- Banda Ortiz, H., & Garza Morales, R. (2014). Aplicación teórica del método HoltWinters al problema de credit scoring. 19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5718/571863946001.pdf>
- Rivero, O. M. (2016). El Método de Pronóstico Holt-Winters. 12. Obtenido de <https://docplayer.es/60591978-El-metodo-de-pronostico-holt-winters.html>
- Vesga Ferreira, J. C. (2022). Uso del Modelo de Holt-Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el proceso de almacenamiento del Cacao. 17. doi:10.24050/reia.v19i38.1593