

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Coordinación de Hidrología
Subcoordinación de Hidrometeorología**

Informe del proyecto

TH1512.1

***"Operación y actualización del sistema de verificación de
pronóstico de lluvia máxima"***

Participantes:

**M en C Olivia Rodríguez López
M.T. I. Indalecio Mendoza Uribe
L.I. José Guadalupe Rosario de la Cruz**

Diciembre 2015

Contenido

Objetivo del Proyecto:.....	5
Introducción	5
Evaluación del pronóstico	6
Métodos de evaluación del pronóstico.....	6
Tabla de contingencia	6
Índices de verificación.....	7
Origen de los datos	15
Estaciones Automáticas	15
Boletín Meteorológico	21
Herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema.....	24
Base de datos	24
Lenguajes de Programación	26
Ingeniería de software	28
Metodología.....	31
Extracción de los pronósticos máximos de precipitación del boletín de pronóstico meteorológico general de manera automática.	31
Extracción de los pronósticos máximos de precipitación de las estaciones meteorológicas automáticas por entidad federativa de manera automática.....	39
Creación de la base de datos y tablas para almacenar la información tanto de la lluvia pronosticada como de la observada y los mecanismos de acceso a estas.	46
Módulo de mapa interactivo.....	49
Estructura del sistema web.....	51
Diagrama del sistema.....	54
Casos de uso.....	54
Diagrama de secuencia	56
Diagrama de flujo	57
Estructura funcional del sistema web.....	58
Estudios de caso.....	61

Figuras

Figura 1 Estructura de estación automática de tipo andamio y torre triangular	19
Figura 2 Estructura de estación sinóptica meteorológica.....	21
Figura 3 Estación climatológica tradicional y su equipamiento básico.....	21
Figura 4 Ejemplo de un boletín meteorológico emitido a las 06:00 a.m.	23
Figura 5 Ejemplo de entidad-relación	24
Figura 6 Modelo de prototipos	30
Figura 7 Boletín meteorológico emitido por el SMN	32
Figura 8 Diagrama de flujo del tratado de la información de un boletín.....	33
Figura 9 Ejemplo de archivo en código ASCII	34
Figura 10 Extracción de la sección de lluvia	35
Figura 11 División por Categorías.....	35
Figura 12 Categoría por número y estados que abarca	36
Figura 13 Corrección de nombre de los estados.....	36
Figura 14 Asignación de valor alfanumérico	37
Figura 15 Inserción de registros en la tabla de pronosticado	39
Figura 16 Comportamiento general del proceso de lo observado	39
Figura 17 Contenido del cd	40
Figura 18 Contenido de los archivos .DAT.....	40
Figura 19 Columnas 1, 2 y 4	41
Figura 20 Polígono del estado de Aguascalientes.....	42
Figura 21 Encontrado o no	42
Figura 22 Archivo que muestra los polígonos del estado que encontró	43
Figura 23 Archivo mostrando el valor de precipitación	43
Figura 24 Archivo final.....	44
Figura 25 Clasificación por categorías.....	45
Figura 26 Datos pronosticados (izquierda) y datos observados (derecha) clasificados con los rangos de precipitación del día 2015-07-26 extraído del boletín del CG-SMN.	45
Figura 27 Tabla lluvia.....	46
Figura 28 Tabla pronosticado.....	47
Figura 29 Tabla observado	48
Figura 30 Tabla versión	48
Figura 31 Modulo de entradas.....	50
Figura 32 Modulo de salidas	51
Figura 33 Estructura del sistema Web	52
Figura 35 Caso de uso de autenticación	54
Figura 36 Caso de uso de verificación	55

Figura 37 Caso de uso de autenticación y verificación	55
Figura 38 Diagrama de secuencia	56
Figura 34 Diagrama de flujo del sistema web	57
Figura 39 Página web principal	58
Figura 40 Selección del estado y periodo de tiempo a verificar	59
Figura 41 Grafico de barras y tabla informativa del resultado de verificación	60

Tablas

Tabla 1 Estructura de una tabla de contingencia.....	7
Tabla 2 Índices para evaluar la calidad de pronósticos categóricos y discretos	9
Tabla 3 Diagrama de operación de una estación meteorológica automática	16
Tabla 4 Elementos de una EMA y ESIME (Norma NMX-AA-166/1-SCFI-2013)	17
Tabla 5 Clasificación de instrumentos de medición por variable meteorológica	19
Tabla 6 Categorización de la precipitación máxima.....	32
Tabla 8 Ejemplo de categorización de la lluvia	37

Objetivo del Proyecto:

Implementar y actualizar los índices de verificación utilizados en el campo de la meteorología y aplicados en los pronósticos meteorológicos de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Meteorológica Nacional (por sus siglas en inglés OMM).

Introducción

Un pronóstico meteorológico es el resumen del análisis hecho por un meteorólogo previsor basándose en las condiciones atmosféricas del momento para prever las condiciones que se presentaran en un tiempo futuro (Servicio Meteorológico Nacional, 2010).

Es importante conocer el comportamiento de las variables meteorológicas, debido a que cualquier cambio en dichas variables, puede afectar distintas actividades humanas. Dependiendo de la variable, momento, lugar o situación; las consecuencias que se generan pueden ir desde insignificantes a cuantiosas. Una precipitación abundante puede generar pérdidas de vidas humanas de no tomarse las precauciones necesarias, sin embargo, la misma precipitación

puede resultar beneficiosa para un agricultor afectado por una extensa sequía.

Debido a las distintas consecuencias, es necesario mantener informada a la población sobre las variaciones meteorológicas. La forma más práctica para informar sobre el comportamiento del tiempo es mediante los pronósticos meteorológicos transmitidos por diferentes organismos. El conocimiento de dichos pronósticos ayuda en la toma de decisiones ante las posibles situaciones que se generan con las variaciones en el comportamiento de la atmósfera. Dada la importancia que tienen estos pronósticos, deben mantenerse bajo una supervisión estricta para evaluar su calidad, esta debe ser externa al grupo responsable de realizarlos para que la evaluación sea neutral (Brown, 2006).

Existen distintos métodos de evaluación. Estos métodos dependen del tipo de pronóstico que se realice, de las variables que utilice, entre otros factores. Por lo tanto, es necesario determinar o adaptar los mejores métodos para calificar los pronósticos. En este trabajo se propone en primer lugar una metodología basada en índices de evaluación sobre los pronósticos de lluvia máxima emitidos en los boletines matutinos diarios, lo anterior está en función de las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). La evaluación se realiza utilizando

Evaluación del pronóstico

La calidad del pronóstico se evalúa mediante la medición objetiva del pronóstico con el correspondiente suceso observado, para cuantificar la incertidumbre asociada al pronóstico y compararla con otros errores detectados con métodos estadísticos con base en una serie larga de los eventos ocurridos.

Hay una amplia variedad de procedimientos para la evaluación de los pronósticos, el tipo de predicciones y observaciones determinan cuál es el método apropiado para la verificación; por ejemplo, la presencia o ausencia de niebla es un ejemplo de datos binarios. Un pronóstico de turbulencia expresado en términos de baja, moderada y extrema es un pronóstico categórico. La probabilidad de precipitación es un ejemplo de un pronóstico probabilístico. Una temperatura pronosticada como un único valor es una variable continua.

Los procedimientos de verificación incluyen el cálculo de índices mediante tablas de contingencia de pronósticos dicotómicos que, sólo se refiere a los pronósticos de la ocurrencia de lluvia.

Los índices de evaluación miden diferentes aspectos de la calidad de las predicciones, por ejemplo: la Tasa de aciertos o Probabilidad de detección de eventos (POD) proporciona el número relativo de veces que se pronosticó un evento y este ocurrió, mientras que la tasa de falsa alarma (F) da el número relativo de veces que se pronosticó un evento y el evento no ocurrió, ambas son probabilidades condicionales; mientras que la Tendencia (B) compara las probabilidades marginales de los pronósticos y observaciones.

Estos índices se utilizan en la comunidad meteorológica para evaluar la calidad de pronósticos categóricos, especialmente para la verificación de los pronósticos de precipitación, debido a que la precipitación es muy variable en el tiempo y en el espacio, esto sumado a los errores de los modelos de pronóstico numérica del tiempo, contribuye a un incremento en la incertidumbre y a una baja habilidad de los pronósticos de precipitación.

Métodos de evaluación del pronóstico

Tabla de contingencia

En estadística las tablas de contingencia se emplean para registrar y analizar la relación entre dos o más variables, habitualmente de naturaleza cualitativa (nominales u ordinales). Las cifras en la columna de la derecha y en la fila inferior reciben el nombre de frecuencias marginales y la cifra situada en la esquina inferior derecha es el gran total (Tabla 1). Ésta herramienta es frecuentemente empleada en meteorología y climatología en procesos de

verificación de pronósticos, ya que el formato o estructura de la tabla de contingencia permite visualizar los eventos pronosticados contra los eventos observados y no observados y sobre todo encontrar un patrón que indique la relación entre éstos, o su falta (Jolliffe y Stephenson, 2003). También existe otra ventaja en su uso: la facilidad de ejecución del proceso de verificación.

La tabla muestra la articulación discreta de distribución de pronósticos y observaciones en términos de frecuencias o frecuencias relativas. Es por eso que el cálculo de los índices de calidad de pronósticos se realizó mediante la técnica de tabla de contingencia.

		OBSERVADO		
		SI	NO	
PRONOSTICADO	SI	a	b	a+b
	NO	c	d	c+d
		a+c	b+d	n=a+b+c+d

Tabla 1 Estructura de una tabla de contingencia.

Aquí (UCAR, 2011),

a es un evento observado y pronosticado,

b es un evento no observado pero pronosticado o un evento tipo "falsa alarma",

c es un evento observado, pero no pronosticado o un evento "perdido",

d es un evento no observado y no pronosticado.

Índices de verificación

Los índices son medidas de verificación centradas en la correspondencia entre los pronósticos y las observaciones.

Como método de verificación para evaluar si el pronóstico es correcto en el pronóstico con respecto a las condiciones observadas, a partir de la tabla de contingencias considerando un evento categórico (no probabilístico) y discreto; se utilizaron los siguientes seis índices:

- Porcentaje Correcto (PC) o Porcentaje de estimaciones correctas
- Tasa de aciertos (H) o Probabilidad de detección de eventos (POD)

- Tasa de Falsas alarmas (F)
- Tendencia (B)
- Total, de amenazas (TS) o índice crítico de éxito (CSI)
- Heidke Skill Score (HSS)

	ÍNDICE		DEFINICIÓN	RANGO DE VALORES
a	Porcentaje correcto (Percent Correct) o Proporción correcta (Proportion Correct)	(PCx100) PC	$\% C = (PC \times 100)$ $PC = (a+d) / n$	[0, 1]
b	Tasa de éxito (Hit rate) o Probabilidad de detección de eventos	H (POD)	$H = a / (a+c)$	[0, 1]
c	Tasa de Falsas alarmas (False alarm rate)	F	$F = b / (b+d)$	[0, 1]
d	Tendencia (Bias)	Bias	$B = (a+b) / (a+c)$	[0, 1]
e	Total de amenazas o Índice crítico de éxito (Critical success index) o Índice de amenazas (Threat Score)	CSI TS	$CSI = a / (a+b+c)$	[0, 1]
f	Índice de habilidad de Heidke (Heidke skill score)	HSS	$HSS = PC - E / -1 - E$	[-1, 1]

			$HSS = \frac{2(ad - bc)}{(a+c)(c+d)+(a+b)(b+d)}$	
--	--	--	--	--

Tabla 2 Índices para evaluar la calidad de pronósticos categóricos y discretos

Porcentaje Correcto (PC) o Porcentaje de estimaciones correctas

El Porcentaje correcto (PC), es una medida de precisión para verificación de pronósticos categóricos; es igual al total de los pronósticos correctos; esto incluye los pronósticos acertados ya sean con pronóstico de que un evento ocurrirá o de que no ocurrirá (aciertos y rechazos correctos); entre el total de pronósticos.

$$PC = \frac{a + d}{n} \quad (1)$$

(a + d) = total de eventos pronosticados y si observados, eventos no pronosticados y no observados.

$n = a + b + c + d$ = total de eventos pronosticados y observados

El valor de PC = 1 corresponde a un pronóstico correcto

El valor de PC = 0 corresponde a un pronóstico no correcto (no acertado)

Este índice oscila entre 0 y 1. Cuando PC es igual a 1 el porcentaje de pronósticos correctos es igual al 100%, mientras 0 muestra nula cantidad de pronósticos correctos.

Este Índice no es útil para eventos de baja frecuencia, debido a que se pueden obtener valores altos de PC que resultan engañosos. Sin embargo, los índices de tasa de aciertos, la relación de falsa alarma y el índice crítico de éxito compensan esta deficiencia.

Este índice se utiliza para calcular el porcentaje de predicciones correctas, utilizando series temporales. Lo significativo de este índice es su tendencia y no su valor absoluto de este porcentaje.

Tasa de Aciertos (HR) o Probabilidad de detección de evento (POD)

Tasa de aciertos (HR) o Probabilidad de detección de evento (POD), es una medida de precisión y representa la probabilidad de ocurrencia de un evento pronosticado y se calcula mediante la proporción de los eventos observados y que se pronosticaron correctamente

(frecuencia de aciertos) entre el número total de eventos observados. En otras palabras, es el porcentaje de eventos pronosticados correctamente.

$$H = \text{POD} = \frac{a}{(a + c)} \quad (2)$$

a = evento pronosticado y observado

(a + c) = total de eventos observados

Un valor de H = 1 corresponde a un pronóstico perfecto;

El valor de H = 0 corresponde a un mal pronóstico

La escala de variación del índice HR o POD oscila en el rango de 0 a 1. Cuando el índice es igual a 1 la probabilidad de detección de eventos de interés es igual a 100%, mientras un índice igual a 0 muestra nula probabilidad de detección. Es decir, más se acerca el índice HR o POD a 1, mayor es la probabilidad de detección de eventos de interés.

Este índice es sensible a los aciertos, pero ignora las falsas alarmas. Es muy sensible a la frecuencia climatológica del evento. Es bueno para eventos raros. Debe utilizarse en conjunto con la proporción de falsa alarma (FAR). Este índice por sí solo es insuficiente para medir la habilidad de un sistema de pronóstico. A la tasa de éxito también se le llama sensibilidad, en las estadísticas médicas.

Tasa de Falsas alarmas

Se considera una Falsa alarma cuando un pronóstico no puede asociarse con un evento observado, debido a que el pronóstico no se cumplió y no ocurrió el evento pronosticado.

La Tasa de falsas alarmas (F), (o probabilidad de pronóstico falso) es una medida de precisión y representa la proporción de los eventos pronosticados y estos eventos pronosticados no se observaron; por lo tanto, este pronóstico no se cumplió.

$$F = \frac{b}{(b + d)} \quad (3)$$

b = Falsa alarma = evento pronosticado y no observado

(b + d) = total de eventos no observados

Un valor de F = 0 corresponde a un buen puntaje;

El valor de $F = 1$ corresponde a un mal puntaje

A la tasa de falsa alarma también se le conoce como “especificidad”, en las estadísticas médicas.

Este término Falsa alarma, fue tomado de la terminología utilizada en pruebas de hipótesis estadísticas, es también conocido como “tasa de fallos condicional”.

Otra forma de analizar las falsas alarmas es considerando los eventos pronosticados, a esto se le conoce como la Proporción de Falsa alarma (FAR), es una medida de precisión y es la falsa alarma de los pronósticos no acertados (eventos no ocurridos) en relación a los eventos pronosticados:

$$FAR = \frac{b}{(a + b)} \quad (4)$$

b = Falsa alarma = evento pronosticado y no observado

$(a + b)$ = total de eventos pronosticados

Un valor de $FAR = 0$ corresponde a un buen puntaje; o pronóstico perfecto

El valor de $FAR = 1$ corresponde a un mal puntaje, 100 % de pronósticos no acertados

El índice de Falsa Alarma oscila entre 0 y 1, en donde el valor igual a 0 muestra que no se dieron los pronósticos y realmente no se presentó ni un evento de interés (situación perfecta). Cuando el valor de FAR es igual a 1, se da un 100% de pronósticos erróneos, o cuando no se registra ni un evento observado. Mientras más pequeño el índice FAR es menor el número de pronósticos erróneos emitidos.

Este índice es sensible a las falsas alarmas, pero ignora los desaciertos. Es muy sensible a la frecuencia climatológica del evento. Debe utilizarse en conjunto con la probabilidad de detección (POD).

Tendencias

La Tendencia es una medida de tendencia para los pronósticos categóricos, muestra la relación entre el número total de eventos pronosticados y el número total de eventos observados

$$B = \frac{(a + b)}{(a + c)} \quad (5)$$

$(a + b)$ = total de eventos pronosticados

$(a + c)$ = total de eventos observados

$B = 1$ imparcial (número de eventos pronosticados igual al número de eventos observados)

$B < 1$ subestimado (el número de eventos pronosticados es inferior al número de eventos observados)

$B > 1$ sobreestimado (el número de eventos pronosticados es mayor al número de eventos observados)

$B = 0$ no se observaron eventos de interés, mientras fueron pronosticados (sobre pronosticación)

La fiabilidad de un pronóstico puede medirse calculando la tendencia.

Total, de amenazas o Índice crítico de éxito

El Índice crítico de éxitos (CSI) (Donaldson 1975) o Índice de amenaza (TS). Este índice también es conocido como Proporción de verificación (Gilbert 1884). Es una medida de confiabilidad y de precisión para verificación del pronóstico categórico y es igual al total de pronósticos acertados entre el total de pronósticos o de eventos observados. En este índice no se consideran a los pronósticos no emitidos y no observados.

$$CSI = TS = \frac{a}{(a + b + c)} \quad (6)$$

a = evento pronosticado y observado (total de eventos pronosticados = total de eventos observados)

$a + b + c$ = suma de [eventos pronosticados y si observados + eventos pronosticados y no observados (falsa alarma) + eventos no pronosticados y si observados (desaciertos)]

Un valor de $CSI = 1$ corresponde a un buen resultado o pronóstico perfecto

El valor de $CSI = 0$ corresponde falta de habilidad para del pronóstico. Esto ocurre cuando no hay aciertos ($a=0$)

El rango del Índice crítico de éxitos $0 \leq CSI \leq 1$

Este índice mide la relación entre los eventos observados y/o pronósticos correctos. Sólo considera a los pronósticos acertados. Es sensible a los aciertos, penaliza tanto a los no acertados y las falsas alarmas. No distingue la fuente del error en el pronóstico. Muestra una alta dependencia de la frecuencia climatológica de los eventos; se observan puntajes bajos para los eventos raros. Algunos aciertos pueden ocurrir por azar.

Es un índice utilizado para medir el desempeño de pronósticos de eventos raros, debido a que se puede calcular sin usar la frecuencia de rechazos correctos.

Índice de habilidad Heidke

El Índice de habilidad Heidke (HSS) o Habilidad corregida. - es un índice de habilidad utilizado para los pronósticos categóricos de variables no escalables, similar al porcentaje de éxito. En este índice los pronósticos debidos al azar tienen habilidad cero y son estadísticamente independientes de las observaciones.

El Índice de habilidad Heidke (HSS) o Habilidad corregida es iguala a:

$$HSS = \frac{\left\{ \frac{(a+d)}{N - \frac{[(a+b)(a+c) + (b+d)(c+d)]}{n^2}} \right\}}{\left\{ 1 - \frac{[(a+b)(a+c) + (b+d)(c+d)]}{n^2} \right\}}$$

Simplificado:

$$HSS = \frac{2(ad - bc)}{[(a+c)(c+d) + (a+b)(b+d)]} \quad (7)$$

El rango del HSS es de $-\infty$ a 1.

Los valores negativos indican que el pronóstico no es bueno,

HSS = 0 significa que no hay habilidad para pronóstico

HSS = 1 pronóstico perfecto

Este índice mide la proporción de pronósticos correctos después de eliminar los pronósticos correctos debidos a la casualidad. El tamaño de la muestra debe ser grande para asegurar la representatividad en la tabla de contingencia.

El índice de Heidke es una medida simplificada de la habilidad del pronóstico, de fácil comprensión para usuarios no técnicos y es una medida más equitativa que la proporción de pronósticos correctos. Su principal defecto es que es insensible a la correspondencia entre el pronóstico y los resultados observados.

Este índice es una medida de verificación del rendimiento del pronóstico similar al porcentaje correcto (PC), con la diferencia que este índice considera el número de aciertos debidos a la “casualidad” (llamado Índice de habilidad Doolittle), el cual se calcula en función del porcentaje de pronóstico correcto

$$HSS = \frac{PC - E}{1 - E} \quad (8)$$

PC = proporción correcta

E = porcentaje de pronóstico correcto (por casualidad), o la probabilidad de un pronóstico correcto por casualidad; donde el pronóstico y las observaciones son independientes; calculados a partir de la tabla de contingencia:

$$E = \left(\frac{a + c}{n}\right)\left(\frac{a + b}{n}\right) + \left(\frac{b + d}{n}\right)\left(\frac{c + d}{n}\right) \quad (9)$$

También se puede calcular la frecuencia con la que un evento se pronosticó, en función de la tasa de éxito (H) y la tasa de falsas alarmas (F):

$$HSS = \frac{(H + F)}{n} \quad (10)$$

H =Tasa de éxito

F = Tasa de falsas alarmas

O considerando la tendencia (B), la tasa de éxito (H) y la tasa de falsas alarmas (F):

$$HSS = \frac{2(B - H)(H - F)}{F - H + B(1 + B - H - F)} \quad (11)$$

B = Tendencia

H = Tasa de éxito

F = Tasa de falsas alarmas

Origen de los datos

Estaciones Automáticas

La automatización en la meteorología ha adquirido una sofisticación técnica, la cual ha ido incrementando, desde la creación de las primeras estaciones de tipo electromecánicas con limitaciones de adquisición de datos hasta las estaciones electrónicas de tipo “cableado rígido” más potentes en sus capacidades de información.

Clasificación de las estaciones meteorológicas

Las estaciones se clasifican en dos clases, de acuerdo a propósito para el cual se utiliza la información recabada.

- Estaciones automáticas (datos en tiempo diferido o sistemas de datos)
- Estaciones sinópticas (datos en tiempo real)

Del mismo modo esta clase de estaciones puede ser subdivida dependiendo el emplazamiento físico.

- Equipo automático (urbano, desierto y montaña)
- Equipo oceánico (bordo de buques, boya a la deriva y boya fondeada)

Esquema operativo básico de una estación meteorológica

Un esquema funcional de una estación meteorológica se encuentra compuesto principalmente por cinco elementos.

- Sensores
- Acondicionares de señal y de exploración
- Sistema Codificador

- Almacén de datos
- Sistema de programación

El primer elemento “sensores” representa a todos aquellos tipos de sensores que una estación automática puede tener, cada uno conectado a su respectivo adaptador para realizar el acondicionamiento y exploración de señal.

El sistema codificador recibe la señal acondicionada por el sensor y realiza una conversión para finalmente entregar un mensaje clave, que se envía al almacén de datos.

El sistema de programación es habilitado mediante un reloj programado, este controla la sincronización del ciclo de cada medición que es realizada por la estación automática.

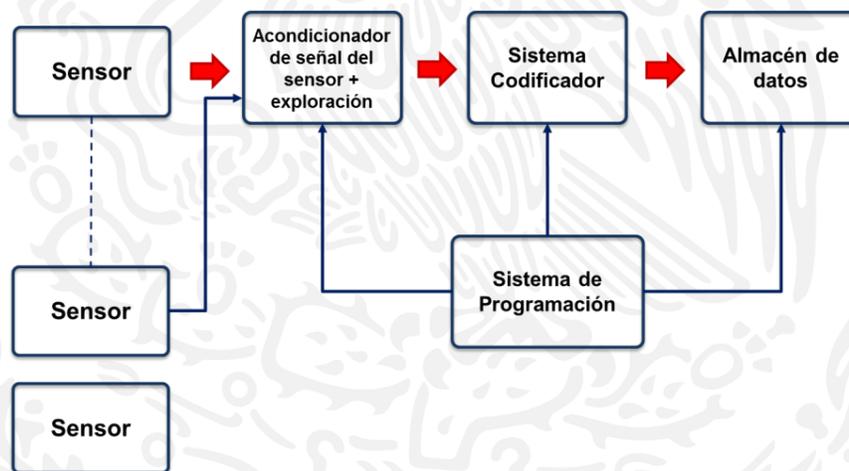


Tabla 3 Diagrama de operación de una estación meteorológica automática

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-166/1-SCFI-2013 existen algunos elementos que deben estar presentes en la estructura de una estación meteorológica automática y sinóptica como se muestra en la tabla 4.

Elementos que componen la EMA y ESIME

- Sistema de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos (SAPAD)
- Interfaz que muestra datos o información al usuario (monito) (EMAs)
- Transmisor de alta velocidad
- Sensor de temperatura ambiente
- Sensor de humedad relativa
- Sensor de humedad del suelo
- Sensor de temperatura del suelo
- Sensor de presión atmosférica
- Sensor de precipitación
- Sensor de velocidad y dirección del viento
- Sensor de radiación solar
- Sensores para aplicaciones específicas (opcional)
- Software especial para programación de la EMA con licencia
- Software especializado para la administración y el manejo de datos de las EMAs
- Sistema de alimentación autónomo (dispositivo regulador, panel solar y batería)
- Gabinete general
- Torre de 10 metros de altura
- Sistemas de protección primaria y secundaria, con sobre voltajes por descargas eléctricas.

Nota: Lo anterior aplica para EMAs y ESIMES

Con lo relacionado a las ESIMES se adhiere lo siguiente:

- Sensor de temperatura mínima a la intemperie (10 cm sobre el suelo)
- Sensor de temperatura del suelo
- Cable de comunicación de 60 m de longitud
- Equipo de recepción, almacenamiento, procesamiento y envío de datos.
- Software especial para el manejo de datos, captura y envío de datos
- Sensor de visibilidad

Tabla 4 Elementos de una EMA y ESIME (Norma NMX-AA-166/1-SCFI-2013)

Estaciones Meteorológicas Automáticas

Es un conjunto de dispositivos tanto electrónicos como mecánicos que realizan la medición de variables meteorológicas de manera automática sin supervisión de un observador. Este grupo de sensores registran y transmiten información de los sitios donde están estratégicamente colocadas con mediciones cada 10 minutos vía satélite en intervalos de tiempo de 1 o 3 horas por estación (CONAGUA-SMN, 2014).

La medición de las estaciones cubre un área de 5 km de radio aproximadamente sobre terreno plano, para terreno montañoso difiere de acuerdo a la elevación y estructura rocosa.

El tipo de horario utilizado para registrar los datos medidos es TUC o UTC (Tiempo Universal Coordinado).

Sensores que integran la estación meteorológica automática:

- Velocidad de viento
- Dirección de viento
- Presión atmosférica
- Temperatura y Humedad relativa
- Radiación solar
- Precipitación

Existen diversos instrumentos de medición asociados a las variables meteorológicas, utilizados de acuerdo al tipo de estación, en la tabla 5 se muestra la clasificación ordenadora por prioridad de uso.

Variable meteorológica	Instrumentos de medición
Temperatura	Termómetro de resistencia de platino Termistor, respuesta lineal Termistor, respuesta exponencial Termómetro bimetalico
Humedad	Célula de rocío de LICl Psicrómetro de termistor Higrómetro de cabello Higrómetro Pernix
Presión atmosférica	Cápsula aneroide Barómetro de mercurio
Velocidad del viento	Sensor de rueda de cazoleta Sensor de hélice
Dirección del viento	Veleta
Precipitación	Cangilón basculante Cámara volumétrica de válvula Balanza de pesar
Heliofanía	Sensor de fotocélula Sensor de termistor
Radiación solar	Termopila
Detector de luminancia	Fotocélula
Detector de precipitación	Sensor de resistencia eléctrica Sensor de capacitancia eléctrica
Techo de nubes	Cielómetro de haz giratorio
Visibilidad	Transmisómetro

Variable meteorológica	Instrumentos de medición
	Visibilímetro de retrodispersión

Tabla 5 Clasificación de instrumentos de medición por variable meteorológica

En la red de estaciones meteorológicas automáticas existen dos tipos de estructura donde son montadas y emplazadas las estaciones.

- Estructura de tipo andamio
- Estructura de tipo torre triangular

Las dos estructuras recolectan la misma cantidad de variables atmosféricas, y mantienen un mecanismo de medición y sincronización similar (ver, Figura 6).

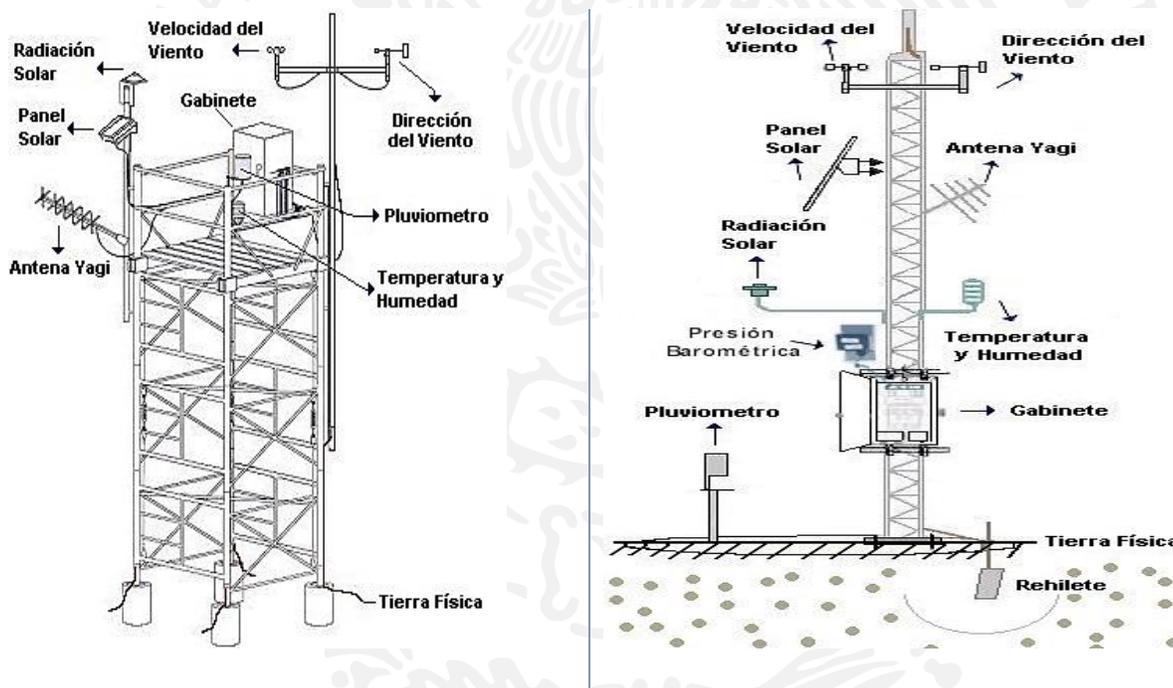


Figura 1 Estructura de estación automática de tipo andamio y torre triangular

Estación Sinóptica Meteorológica

Una estación sinóptica es un conjunto de dispositivos eléctricos que trabajan en coordinación para realizar las mediciones de variables meteorológicas de manera automática, se encuentran localizadas exclusivamente en los observatorios meteorológicos a diferencia de las EMAs (CONAGUA-SMN, 2014).

Las ESIMEs generan una base de datos utilizando mensajes sinópticos transmitidos cada tres horas. Estos mensajes son reportes que se crean de manera simultánea en cada uno de los observatorios cada 10 minutos y presentan información meteorológica de tiempo presente y pasado de manera codificada.

La medición de las estaciones mantiene un rango de área de 5 km de radio aproximadamente sobre un terreno plano. Sin embargo, para terreno montañoso difiere de acuerdo a la elevación y estructura rocosa.

Los sensores que integran la estructura de este tipo de estaciones son:

- Temperatura y humedad relativa
- Presión atmosférica
- Dirección del viento y velocidad del viento
- Radiación solar
- Precipitación
- Visibilidad
- Temperatura a 10 cm de la superficie

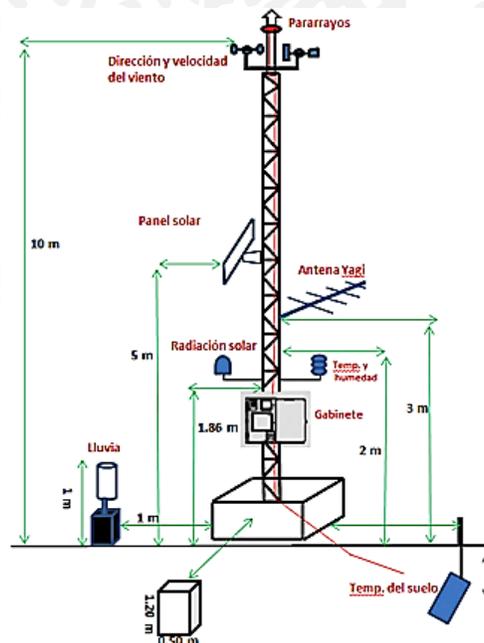


Figura 2 Estructura de estación sinóptica meteorológica

Estación climatológica tradicional

La estación climatológica tradicional cuenta con el siguiente equipo de medición: abrigo meteorológico con termómetro para medir la temperatura máxima y mínima diarios, pluviómetro tipo "balde de Tretiakov" para medir la precipitación acumulada en 24 horas y el tanque de evaporación estándar (Figura 8).



Figura 3 Estación climatológica tradicional y su equipamiento básico

Las observaciones en la estación se realizan a las 8:00 am diariamente y se reportan vía radio a la Dirección Técnica Estatal u de Organismo de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua para formar las estadísticas del Sistema de Información del Agua de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR).

Boletín Meteorológico

El boletín meteorológico es un informe periódico que contiene las condiciones meteorológicas más recientes, su elaboración se basa en las observaciones sinópticas realizadas con ayuda de la

tecnología y de la ciencia para predecir el estado de la atmósfera para un período futuro y una localidad o región dada. Los elementos incluidos dependen del propósito requerido.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país.

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Una de sus funciones principales es Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre, el boletín que se usó para la tesis es el que se emite a las 06:00 a.m. de manera diaria.

Pronóstico Meteorológico General

Pronóstico Meteorológico General

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

México, D.F. a 27 de Agosto del 2015.

Emisión: 06:00h

No. Aviso: 477

Servicio Meteorológico Nacional, fuente oficial del Gobierno de México, emite el siguiente aviso:

Lluvias puntuales intensas en Veracruz, Guerrero y Chiapas, así como ola de calor con temperaturas calurosas a muy calurosas en la mayor parte del país.

Para hoy, dos canales de baja presión se extenderán sobre el norte, occidente y centro del país y otro en el sureste de México, asociados con la **entrada de humedad del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe**, lo que favorecerá potencial de lluvias puntuales intensas en Veracruz (centro y sur) Guerrero (centro y sur), Tabasco (sur) y Chiapas (norte, sur y occidente); muy fuertes en Puebla (oriente y sur) y Oaxaca (norte y oriente); fuertes en Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Campeche y Yucatán, y de menor intensidad en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Sinaloa, Nayarit, Colima, Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos y Quintana Roo, lluvias que pueden estar acompañadas de chubascos, tormentas eléctricas, caída de granizo y rachas fuertes de viento.

Tormenta tropical JIMENA del Pacífico, generada esta madrugada a partir de la depresión tropical TRECE-E, se localizará al suroeste de las costas de Baja California Sur, sin afectar al territorio nacional.

Circulación anticiclónica sobre el Golfo de México producirá ambiente caluroso a muy caluroso en gran parte del país.

Frente estacionario se mantendrá sobre el noreste y centro del Golfo de México reforzando el potencial de lluvias a lo largo del litoral.

NOTA: Las zonas de tormenta implican relámpagos, fuertes rachas de viento, posible caída de granizo y probable formación de torbellinos o tornados.

Pronóstico de lluvia máxima (acumulada en 24 h) para hoy 27 de agosto:

Lluvias intensas (75 a 150 mm) acompañadas de tormentas eléctricas, potencial de granizo y rachas fuertes de viento: Veracruz (centro y sur), Guerrero (centro y sur), Tabasco (sur) y Chiapas (norte, sur y occidente).

Lluvias muy fuertes (50 a 75 mm) acompañadas de tormentas eléctricas, potencial de granizo y rachas fuertes de viento: Puebla (oriente y sur) y Oaxaca (norte y oriente).

Lluvias fuertes (25 a 50 mm) acompañadas de tormentas eléctricas, potencial de granizo y rachas fuertes de viento: Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Campeche y Yucatán.

Lluvias (0.1 a 25 mm): Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Sinaloa, Nayarit, Colima, Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos y Quintana Roo.

Figura 4 Ejemplo de un boletín meteorológico emitido a las 06:00 a.m.

Herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema

Base de datos

Una base de datos es una colección de datos persistentes que pueden compartirse y están lógicamente relacionados entre sí ya que tienen una definición y descripción común y están estructurados de una forma particular (Conference des Statisticiens Européens, 1977).

Entre las principales características de los sistemas de base de datos podemos mencionar:

- Independencia lógica y física de los datos.
- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios.
- Integridad de los datos.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoría.
- Respaldo y recuperación.
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar.

Modelo entidad-relación

Los diagramas o modelos entidad-relación (denominado por sus siglas, ERD “Diagram Entity relationship”) son una herramienta para el modelado de datos de un sistema de información.

Estos modelos expresan entidades relevantes para un sistema de información, sus inter-relaciones y propiedades.

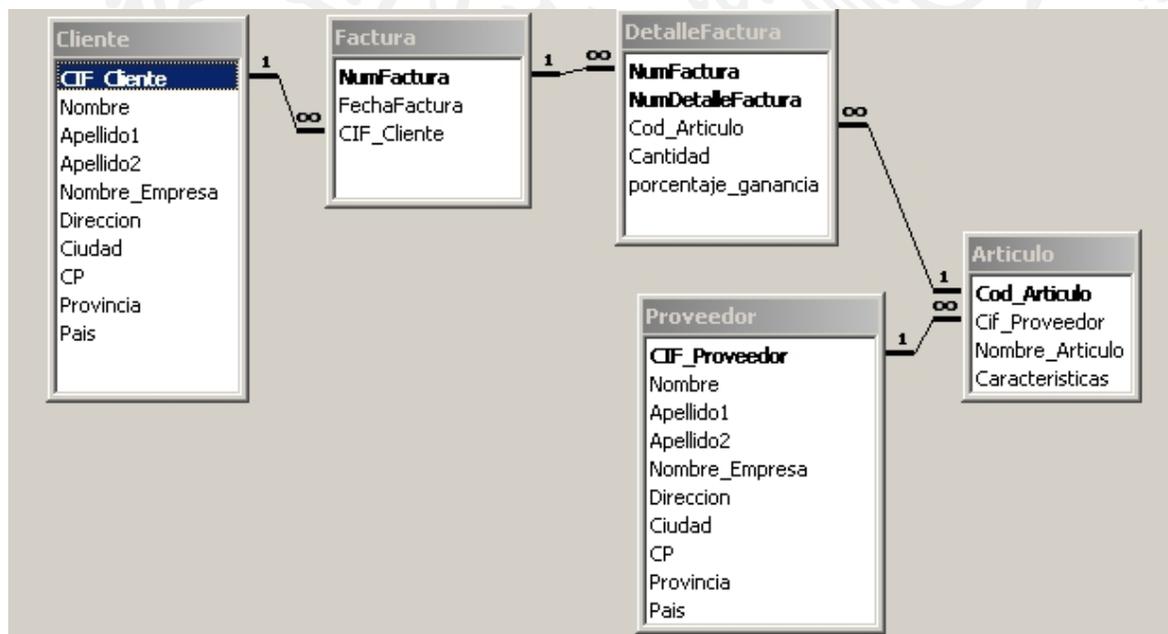


Figura 5 Ejemplo de entidad-relación

El diseño de relaciones entre las tablas de una base de datos puede ser la siguiente:

- **Relaciones de uno a uno:** una instancia de la entidad A se relaciona con una y solamente una de la entidad B.
- **Relaciones de uno a muchos:** cada instancia de la entidad A se relaciona con varias instancias de la entidad B.
- **Relaciones de muchos a muchos:** cualquier instancia de la entidad A se relaciona con cualquier instancia de la entidad B.

Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD)

Los Sistemas de Gestión de Base de Datos (en inglés DataBase Management System) son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan. Se compone de un lenguaje de definición de datos, de un lenguaje de manipulación de datos y de un lenguaje de consulta.

Muchos SGBD proporcionan lenguajes de consultas o generadores de informes que permiten al usuario hacer cualquier tipo de consulta sobre los datos, sin que sea necesario que un programador escriba una aplicación que realice tal tarea.

El SGBD proporciona muchas de las funciones estándar que el programador necesita escribir en un sistema de ficheros. A nivel básico, el SGBD proporciona todas las rutinas de manejo de ficheros típicas de los programas de aplicación. El hecho de disponer de estas funciones permite al programador centrarse mejor en la función específica requerida por los usuarios, sin tener que preocuparse de los detalles de implementación de bajo nivel.

MySQL

MySQL es el servidor de bases de datos relacionales más popular por ser rápido, seguro y fácil de usar desarrollado y proporcionado por MySQL AB.

El software de bases de datos MySQL consiste de un sistema cliente/servidor que se compone de un servidor SQL multihilo, varios programas clientes y bibliotecas, herramientas administrativas, y una gran variedad de interfaces de programación (APIs). Se puede obtener también como una biblioteca multihilo que se puede enlazar dentro de otras aplicaciones para obtener un producto más pequeño, más rápido, y más fácil de manejar.

MySQL es un sistema de administración de bases de datos

Una base de datos es una colección estructurada de datos. La información que puede almacenar una base de datos puede ser tan simple como la de una agenda, un contador, o un libro de visitas, ó tan vasta como la de una tienda en línea, un sistema de noticias, un portal, o la información generada en una red corporativa. Para agregar, acceder, y procesar los datos almacenados en una base de datos, se necesita un sistema de administración de bases de datos, tal como MySQL.

MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacionales

Una base de datos relacional almacena los datos en tablas separadas en lugar de poner todos los datos en un solo lugar. Esto agrega velocidad y flexibilidad. Las tablas son enlazadas al definir relaciones que hacen posible combinar datos de varias tablas cuando se necesitan consultar datos. La parte SQL de "MySQL" significa "Lenguaje Estructurado de Consulta", y es el lenguaje más usado y estandarizado para acceder a bases de datos relacionales.

Lenguajes de Programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana. Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones.

Al proceso por el cual se escribe, se prueba, se depura, se compila (de ser necesario) y se mantiene el código fuente de un programa informático se le llama programación.

HTML

HTML (Hypertext Markup Language o Lenguaje de Marcas de Hipertexto) es el lenguaje que se emplea para el desarrollo de páginas de internet. Está compuesto por una serie de etiquetas que el navegador interpreta y da forma en la pantalla. HTML dispone de etiquetas para imágenes, hipervínculos que nos permiten dirigirnos a otras páginas, saltos de línea, listas, tablas, etc.

HTML se encarga de desarrollar una descripción sobre los contenidos que aparecen como textos y sobre su estructura, complementando dicho texto con diversos objetos (como fotografías, animaciones, etc).

Es un lenguaje muy simple y general que sirve para definir otros lenguajes que tienen que ver con el formato de los documentos. El texto en él se crea a partir de etiquetas, también llamadas tags, que permiten interconectar diversos conceptos y formatos.

Para la escritura de este lenguaje, se crean etiquetas que aparecen especificadas a través de corchetes o paréntesis angulares: < y >. Entre sus componentes, los elementos dan forma a la estructura esencial del lenguaje, ya que tienen dos propiedades (el contenido en sí mismo y sus atributos).

Por otra parte, cabe destacar que el HTML permite ciertos códigos que se conocen como scripts, los cuales brindan instrucciones específicas a los navegadores que se encargan de procesar el lenguaje. Entre los scripts que pueden agregarse, los más conocidos y utilizados son JavaScript y PHP.

PHP es un lenguaje de código abierto muy popular, adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Es popular porque un gran número de páginas y portales web están creadas con PHP. Se utiliza para

generar páginas web dinámicas. Recordar que una página estática es aquella cuyos contenidos permanecen siempre igual, mientras que una página dinámica es aquella cuyo contenido no es el mismo siempre.

MySQL

Es un sistema de administración de bases de datos (Database Management System, DBMS por sus siglas en inglés) para bases de datos relacionales. Así, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos y una de sus principales ventajas es que es muy rápido, seguro, y fácil de usar.

Javascript

JavaScript es un lenguaje de programación, al igual que PHP, si bien tiene diferencias importantes con éste. JavaScript se utiliza principalmente del lado del cliente (es decir, se ejecuta en nuestro ordenador, no en el servidor) permitiendo crear efectos atractivos y dinámicos en las páginas web; los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas web.

La ventaja de JavaScript es que al estar alojado en el ordenador del usuario los efectos son muy rápidos y dinámicos. Al ser un lenguaje de programación permite toda la potencia de la programación como uso de variables, condicionales, bucles, etc. También podemos citar algún inconveniente: por ejemplo, si el usuario tiene desactivado JavaScript en su navegador, no se mostrarán los efectos. No obstante, hoy día la mayoría de los usuarios navegan por la web con JavaScript activado.

Este lenguaje posee varias características, entre ellas podemos mencionar que es un lenguaje basado en acciones que posee menos restricciones. Además, es un lenguaje que utiliza Windows y sistemas X-Windows, gran parte de la programación en este lenguaje está centrada en describir objetos, escribir funciones que respondan a movimientos del mouse, aperturas, utilización de teclas, cargas de páginas entre otros.

Es necesario resaltar que hay dos tipos de JavaScript: por un lado, está el que se ejecuta en el cliente, este es el Javascript propiamente dicho, aunque técnicamente se denomina Navigator JavaScript. Pero también existe un Javascript que se ejecuta en el servidor, es más reciente y se denomina LiveWire Javascript.

El código javascript podemos encontrarlo dentro de las etiquetas `<body></body>` de nuestras páginas web. Por lo general se insertan entre: `<script></script>`. También pueden estar ubicados en ficheros externos usando: `<script type="text/javascript" src="micodigo.js"></script>`.

JSON (JavaScript Object Notation)

Es un formato para el intercambio de datos, que describe los datos con una sintaxis dedicada que se usa para identificar y gestionar los datos. Es de fácil uso y una de las mayores ventajas que tiene el uso de JSON es que puede ser leído por cualquier lenguaje de programación. Por lo tanto, puede ser usado para el intercambio de información entre distintas tecnologías.

Ajax (Asynchronous JavaScript And XML)

No es más que la transferencia de información utilizando el lenguaje Javascript para controlar procedimiento de transferencia, esta información fluye en 2 canales independientemente de que va y que viene y, finalmente el formato en el cual la información se transmite.

jQuery

jQuery es una biblioteca de JavaScript, creada inicialmente por John Resig, que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas web.

jQuery, al igual que otras bibliotecas, ofrece una serie de funcionalidades basadas en JavaScript que de otra manera requerirían de mucho más código, es decir, con las funciones propias de esta biblioteca se logran grandes resultados en menos tiempo y espacio.

jQuery consiste en un único fichero JavaScript que contiene las funcionalidades comunes de DOM, eventos, efectos y AJAX. La característica principal de la biblioteca es que permite cambiar el contenido de una página web sin necesidad de recargarla, mediante la manipulación del árbol DOM y peticiones AJAX. Para ello utiliza las funciones `$()` o `jQuery()`.

Comúnmente antes de realizar cualquier acción en el documento con `jQuery()`, debemos percatarnos de que el documento esté listo. Para ello usamos `$(document).ready()`, de esta forma:

```
$(document).ready(function() {  
    //Aquí van todas las acciones del documento.  
});
```

Ingeniería de software

La ingeniería de software es una disciplina o área de la informática que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad que resuelven problemas de todo tipo, tratando con áreas muy diversas de la informática y de las ciencias de la computación abordando todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de cualquier tipo de sistemas de información y aplicables a una infinidad de áreas, tales como: negocios, medicina, meteorología, banca, etc. (pressman 5th ed.)

Un aspecto muy importante de Ingeniería de Software es que proporciona parámetros formales para lo que se conoce como Gestión o administración de proyectos de software; esto se refiere a que la ingeniería proporciona diversas métricas y metodologías que pueden usarse como especificaciones para todo lo referente a la administración del personal involucrado en proyectos de software, ciclos de vida de un proyecto de software, costos de un proyecto, y en si todo el aspecto administrativo que implica desarrollar un software.

La ingeniería de software aplica diferentes normas y métodos que permiten obtener mejores resultados, en cuanto al desarrollo y uso del software, mediante la aplicación correcta de estos procedimientos se puede llegar a cumplir de manera satisfactoria con los objetivos fundamentales de la ingeniería de software.

Entre los objetivos de la ingeniería de software están:

- Mejorar el diseño de aplicaciones o software de tal modo que se adapten de mejor manera a las necesidades de las organizaciones o finalidades para las cuales fueron creadas.
- Promover mayor calidad al desarrollar aplicaciones complejas.
- Brindar mayor exactitud en los costos de proyectos y tiempo de desarrollo de los mismos.
- Aumentar la eficiencia de los sistemas al introducir procesos que permitan medir mediante normas específicas, la calidad del software desarrollado, buscando siempre la mejor calidad posible según las necesidades y resultados que se quieren generar.
- Una mejor organización de equipos de trabajo, en el área de desarrollo y mantenimiento de software.
- Detectar a través de pruebas, posibles mejoras para un mejor funcionamiento del software desarrollado.

Ciclo de vida del desarrollo del software

El término ciclo de vida del software describe el desarrollo de software, desde la fase inicial hasta la fase final. El propósito de este programa es definir las distintas fases intermedias que se requieren para validar el desarrollo de la aplicación, es decir, para garantizar que el software cumpla los requisitos para la aplicación y verificación de los procedimientos de desarrollo se asegura de que los métodos utilizados son apropiados.

Modelo de desarrollo de software

La ingeniería de software, con el fin de ordenar el caos que era anteriormente el desarrollo de software, dispone de varios modelos, paradigmas y filosofías de desarrollo, estos los conocemos principalmente como modelos o ciclos de vida del desarrollo de software, esto incluye el proceso que se sigue para construir, entregar y hacer evolucionar el software, desde la concepción de una idea hasta la entrega y el retiro del sistema y representa todas las actividades y artefactos (productos intermedios) necesarios para desarrollar una aplicación, entre ellos se puede citar el siguiente modelo que se empleó para el desarrollo del sistema:

Modelo de prototipos

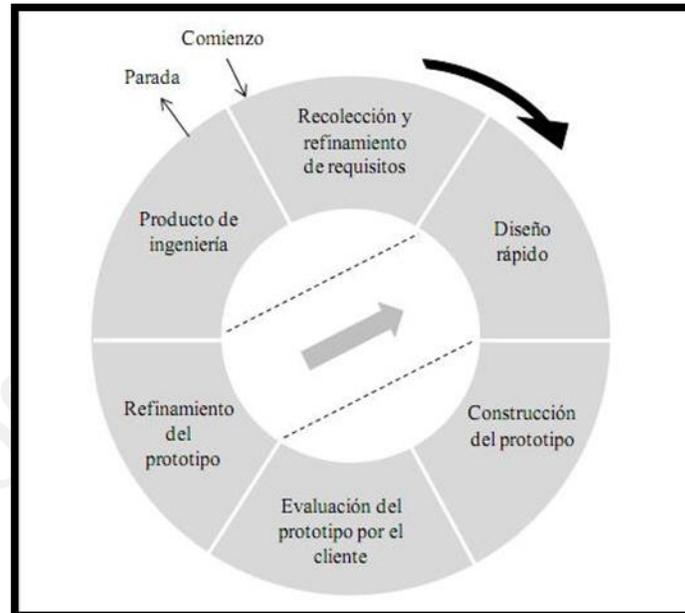


Figura 6 Modelo de prototipos

Un cliente, a menudo define un conjunto de objetivos generales para el desarrollo de software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, proceso o salida. En otros casos el responsable del desarrollo del software puede no estar seguro de la eficacia de un algoritmo, de la capacidad de adaptación de un sistema operativo, o de la forma en que debería tomarse la interacción hombre máquina. En estas y en otras muchas situaciones, un paradigma de construcción de prototipos puede ofrecer el mejor enfoque. [Pressman 5th ed.]

En Ingeniería de software, pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo. El prototipo debe ser construido en poco tiempo, usando los programas adecuados y no se debe utilizar muchos recursos.

Este modelo comienza con la recolección de requisitos, el desarrollador y el cliente definen los objetivos globales para el software, originándose un diseño rápido que se centra en una representación de esos aspectos del software que sean visibles para el usuario/cliente. De este diseño surge la construcción de un prototipo y este es evaluado por el cliente/usuario. La interacción ocurre cuando el prototipo satisface las necesidades del cliente.

Etapas

- Investigación preliminar.
- Colecta y refinamiento de los requerimientos y proyecto rápido.
- Análisis y especificación del prototipo.
- Diseño y construcción del prototipo.
- Evaluación del prototipo por el cliente.
- Renacimiento del prototipo.
- Diseño técnico.
- Programación y test.
- Operación y mantenimiento.

Ventajas

- Este modelo es útil cuando el cliente conoce los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida.
- También ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo del software está inseguro de la eficacia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debería tomar la interacción humano-máquina.
- Se puede reutilizar el código.
- No modifica el ciclo de vida.
- Reduce el riesgo de construir productos que no satisfagan las necesidades de los usuarios.
- Reduce costos y aumenta la probabilidad de éxito.
- No presenta calidad ni robustez.

Desventajas

- El usuario tiende a crearse unas expectativas cuando ve el prototipo de cara al sistema final. A causa de la intención de crear un prototipo de forma rápida, se suelen desatender aspectos importantes, tales como la calidad y el mantenimiento a largo plazo, lo que obliga en la mayor parte de los casos a reconstruirlo una vez que el prototipo ha cumplido su función. Es frecuente que el usuario se muestre reacción a ello y pida que sobre ese prototipo se construya el sistema final, lo que lo convertiría en un prototipo evolutivo, pero partiendo de un estado poco recomendado.

En aras de desarrollar rápidamente el prototipo, el desarrollador suele tomar algunas decisiones de implementación poco convenientes (por ejemplo, elegir un lenguaje de programación incorrecto porque proporcione un desarrollo más rápido). Con el paso del tiempo, el desarrollador puede olvidarse de la razón que le llevó a tomar tales decisiones, con lo que se corre el riesgo de que dichas elecciones pasen a formar parte del sistema final.

Metodología

Se describen de manera detallada las actividades desarrolladas para dar cumplimiento a los objetivos y requisitos del proyecto.

Extracción de los pronósticos máximos de precipitación del boletín de pronóstico meteorológico general de manera automática.

La información que se utiliza para la verificación de la exactitud y eficiencia de los pronósticos, se hace mediante el uso de la información de pronóstico de lluvia máxima de los boletines meteorológicos emitidos por el CG-SMN.

Pronóstico Meteorológico General		Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional
México, D.F., a 16 de noviembre de 2013 BMG No. 842	Emisión: 18:00 horas	
SÍNTESIS: CONTINÚA LA RECUPERACIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN GRAN PARTE DEL TERRITORIO NACIONAL.		
 Imagen de satélite en canal IR	SINOPSIS: Para el día de mañana los remanente de la zona de inestabilidad sobre el occidente del país, mantendrá potencial de lluvias moderadas a puntualmente fuertes sobre esa región. Canal de baja presión en el noreste del país, provocará lluvias moderadas con algunas localmente fuertes en Coahuila y Nuevo León. Circulación anticiclónica dominará gran parte del territorio nacional, favorecerá la recuperación de las temperaturas diurnas en gran parte del país. Entrada de aire marítimo tropical del Océano Pacífico y Golfo de México, ocasionará la presencia de nubados con potencial de lluvias moderadas dispersas en el sur y sureste del Territorio Nacional, así como ligeras en el centro del territorio.	
	PRONÓSTICOS A NIVEL NACIONAL	
Pronóstico de lluvias máximas en milímetros acumulados en 24 horas (con validez para mañana)		
Tormentas de intensas a torrenciales (>150 mm)	---	
Tormentas muy fuertes a intensas (70 a 150 mm)	---	
Intervalos de chubascos con tormentas muy fuertes (50 a 70 mm)	---	
Intervalos de chubascos con tormentas fuertes (20 a 50 mm)	Norte de Coahuila, Chiapas y Jalisco.	
Lluvia moderada con chubascos aislados (5 a 20 mm)	Campeche, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, sur de Veracruz y Yucatán.	
Lloviznas o lluvia ligera (menor de 5 mm)	Distrito Federal, México, Oaxaca, Querétaro	
Pronóstico de vientos fuertes y onda de frío		
Pronóstico de vientos superiores a 40 km/h	Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.	
Pronóstico de temperaturas menores a 5°C	Zonas altas de Baja California, Sonora, San Luis Potosí, Aguascalientes, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Distrito Federal, Morelos, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, México, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tlaxcala.	
Pronóstico del tiempo por regiones para mañana.		
Región	Pronóstico del tiempo	Avisos Especiales

Figura 7 Boletín meteorológico emitido por el SMN

La información útil para los propósitos del proyecto son los pronósticos de lluvia máximas, la cual está dividida por categorizaciones y muestra los estados en los que se pronostica la precipitación de acuerdo a esta clasificación como se muestra en el ejemplo siguiente en la tabla 6.

PRONÓSTICOS A NIVEL NACIONAL	
Pronóstico de lluvias máximas en milímetros acumulados en 24 horas (con validez para hoy)	
Tormentas de intensas a torrenciales (>150 mm)	Veracruz.
Tormentas muy fuertes a intensas (70 a 150 mm)	Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Tabasco.
Intervalos de chubascos con tormentas muy fuertes (50 a 70 mm)	Campeche, Querétaro, Tamaulipas, Tlaxcala y Yucatán.
Intervalos de chubascos con tormentas fuertes (20 a 50 mm)	Coahuila, Distrito Federal, Guerrero, México, Michoacán, Nuevo León y Quintana Roo.
Lluvia moderada con chubascos aislados (5 a 20 mm)	Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Morelos y Zacatecas.
Lloviznas o lluvia ligera (menor de 5 mm)	Aguascalientes, Colima y Nayarit.

Tabla 6 Categorización de la precipitación máxima

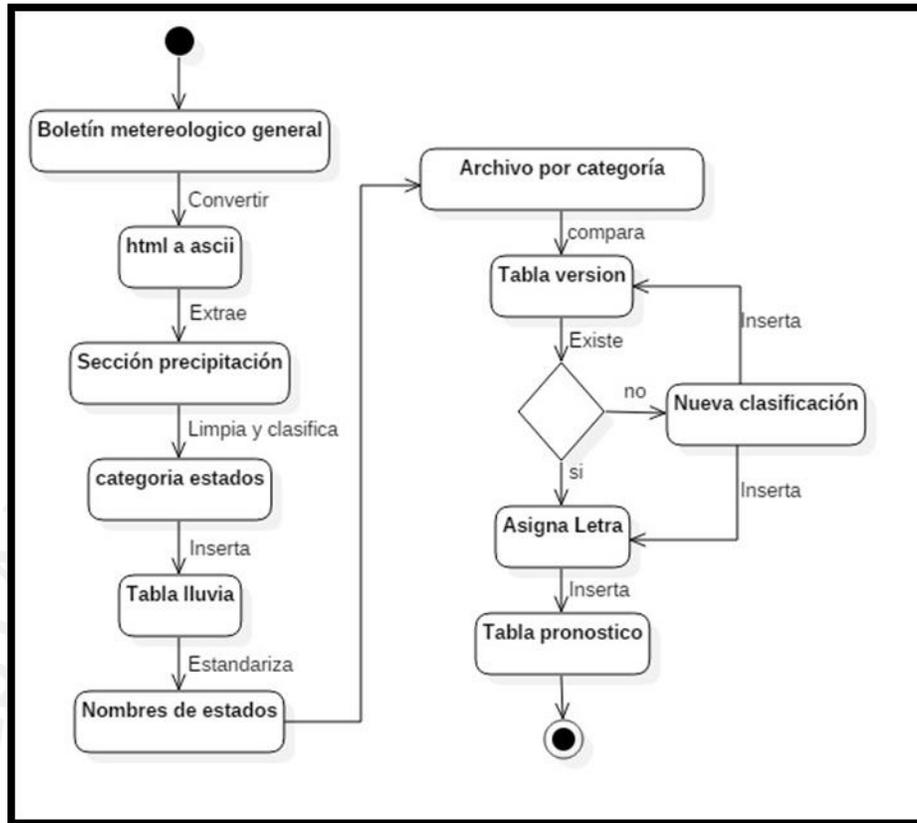


Figura 8 Diagrama de flujo del tratado de la información de un boletín

Descarga del archivo de pronóstico

Se desarrolló un programa en el intérprete de comandos bashscript que se ejecuta de manera diaria, este programa se encarga de crear una carpeta asignándole un nombre correspondiente a la fecha en curso sobre la cual con la ayuda del comando wget se obtendrá el archivo de pronóstico diario que emite el Servicio Meteorológico Nacional en la siguiente dirección:

http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=57

Sintaxis:

Wget -N -P \$hoy

http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=57

Donde:

Wget: Herramienta libre que permite la descarga de contenidos desde servidores web.

-N -P: (Parámetros extras del wget):

N significa que en caso de bajar el archivo y sobre la carpeta encuentre uno del mismo nombre, solo ejecutara la bajada en caso de que el archivo a bajar sea más actual que el existente.

P permite especificar donde se almacenarán los archivos descargados, si la carpeta no existe wget la creará.

Shoy: Variable que almacena de valor la fecha actual en formato aa/mm/dd y que corresponde al nombre de la carpeta.

Dirección: Dirección donde se encuentra el documento de pronóstico de lluvias y que se actualiza de forma diaria, almacenando solo el pronóstico del día actual.

Extracción de la información de lluvia del archivo de pronóstico

La extracción de la información se realiza una vez que el archivo del boletín ha sido descargado de la fuente oficial del Servicio Meteorológico Nacional, sin embargo debido a que el archivo HTML cuenta con un gran número de etiquetas que en la mayoría de los casos no guardan un patrón y que son diferentes en cada uno de estos, es imposible lograr obtener de manera directa la información de precipitación; por lo que el primer paso que se lleva a cabo es convertir el archivo de formato html a ascii permitiendo generar un archivo más ordenado y con menos basura.

La conversión se ejecuta con el comando lync que es un navegador web en modo texto que con la opción –dump le da el formato correspondiente (ASCII) al documento.

```
Pronóstico Meteorológico General
PMG No. 411
México, D.F., a 25 de julio de 2015
A las 06:00 horas

Potencial de lluvias muy fuertes en Sonora, Sinaloa, Chihuahua,
Durango, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Estado de México y Veracruz.

Para hoy, un canal de baja presión se extenderá desde el norte hasta
el centro del territorio nacional y aunado con la entrada de humedad
del océano Pacífico y golfo de México favorecerá lluvias muy fuertes en
Sonora (oriente), Chihuahua (oriente y sur), Durango (occidente y sur),
Sinaloa (norte), Jalisco (norte y occidente), Guanajuato (occidente),
Michoacán (centro y costa) y Estado de México (norte y occidente).
Lluvias fuertes en Zacatecas, Puebla y Aguascalientes, así como lluvias
en Nayarit, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Baja
California Sur, Colima, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Distrito Federal
y Morelos.

La onda tropical No. 20 se extiende sobre el sur de Oaxaca, en su
desplazamiento hacia el oeste generará lluvias muy fuertes en Veracruz
(norte), lluvias fuertes en Oaxaca, Guerrero y Chiapas, así como
lluvias en Tabasco.

La entrada de humedad del Mar Caribe sobre la Península de Yucatán
favorecerá potencial de lluvias en dicha región.

Nueva onda tropical (posible No. 21) se aproximará al oriente del golfo
de Tehuantepec en el transcurso del día, en su avance hacia el oeste
reforzará el potencial de lluvias fuertes en el sureste y sur del país.

NOTA: Las zonas de tormenta implican relámpagos, fuertes rachas de
viento, posible caída de granizo y probable formación de torbellinos o
tornados.

Pronóstico de lluvia máxima (acumulada en 24 h) para hoy 25 de julio:
Lluvias muy fuertes (50 a 75 mm) acompañadas de tormentas eléctricas,
potencial de granizo y vientos fuertes: Sonora (oriente), Chihuahua
(oriente y sur), Durango (occidente y sur), Sinaloa (norte), Jalisco
(norte y occidente), Guanajuato (occidente), Michoacán (centro y
costa), Estado de México (norte y occidente) y Veracruz (norte).
Lluvias fuertes (25 a 50 mm) acompañadas de tormentas eléctricas,
potencial de granizo y vientos fuertes: Oaxaca, Guerrero, Zacatecas,
Aguascalientes, Puebla y Chiapas.
Lluvias (0.1 a 25 mm): Baja California Sur, Tamaulipas, San Luis
Potosí, Coahuila, Nuevo León, Nayarit, Colima, Querétaro, Hidalgo,
Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos, Tabasco, Campeche, Yucatán y
Quintana Roo.

Pronóstico de temperaturas máximas por entidad federativa para hoy 25
de julio:
Temperaturas mayores a 40°C: Baja California, Sonora, Coahuila, Nuevo
León y Tamaulipas.
```

Figura 9 Ejemplo de archivo en código ASCII

Una vez realizada la conversión se extrae la sección de lluvias (que a su vez está dividida por categorías), dicha sección se encuentra siempre antes de la sección de pronóstico por regiones, por lo tanto la

segunda acción es encontrar ese patrón, agruparlo por categorías y guardarlo en un nuevo archivo; lo anterior se realiza con un programa en bash script, este programa sigue el siguiente proceso:

- Obtener las líneas que marcan el inicio y fin del bloque de lluvia con el comando sed

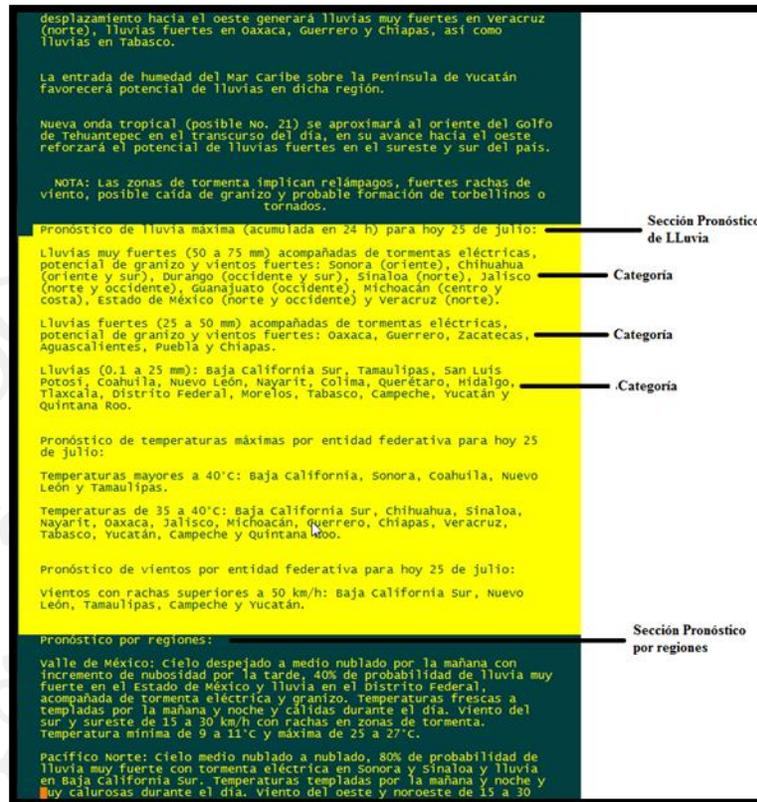


Figura 10 Extracción de la sección de lluvia

- Obtener los números de línea inicial y final se ejecuta un ciclo de inicio a fin en donde con la ayuda de awk se extrae línea por línea de acuerdo a la categoría que se haya encontrado, de tal forma que el archivo final tendrá tantos números de línea como categorías encontradas.

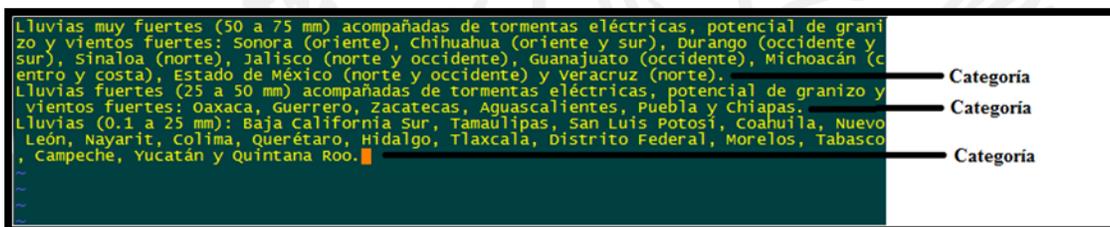


Figura 11 División por Categorías

El archivo generado anteriormente es el parámetro de entrada para un programa desarrollado en php que se encarga de limpiar el archivo y solo dejar la clasificación (en rango numérico) de lluvia y los estados que comprende dicha clasificación, lo anterior es guardado en un archivo de texto.

```
50 75, Sonora (oriente), Chihuahua (oriente,sur), Durango (occidente,sur), Sinaloa (norte), Jalisco (norte, occi
dente), Guanajuato (occidente), Michoacán (centro, costá), Estado de México (norte, occidente), Veracruz (norte)
25 50, Oaxaca, Guerrero, Zacatecas, Aguascalientes, Puebla, Chiapas
0.1 25, Baja California Sur, Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Nayarit, Colima, Querétaro, Hidalgo
, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo
```

Figura 12 Categoría por número y estados que abarca

Corrección de datos (nombre de los estados)

Este proceso realiza la corrección de los nombres de los estados que han sido integrados dentro del boletín emitido, ejemplo:

Sonora (oriente) → Sonora

Chihuahua (oriente,sur) → Chihuahua

Así como también detectar aquellos estados que no se encuentran integrados en el boletín.

```
16, 3, C, 50 75, CHIHUAHUA, DURANGO, GUANAJUATO, JALISCO, ESTADO DE MÉXICO, MICHOACÁN, SINALOA, SONORA, VERACRUZ
15, 3, B, 25 50, AGUASCALIENTES, CHIAPAS, GUERRERO, OAXACA, PUEBLA, ZACATECAS
14, 3, A, 0.1 25, BAJA CALIFORNIA SUR, CAMPECHE, COAHUILA, COLIMA, DISTRITO FEDERAL, HIDALGO, MORELOS, NAYARIT, NUEVO LEÓN
, QUERÉTARO, QUINTANA ROO, SAN LUIS POTOSÍ, TABASCO, TAMAULIPAS, TLAXCALA, YUCATÁN
20, 3, SL, -150 0, BAJA CALIFORNIA
```

Figura 13 Corrección de nombre de los estados

Flujo del proceso:

Flujo primario:

- Se realiza la inserción de los datos dentro de la base de datos en la tabla lluvia que posee tres campos (id int, estados text, clasificacion text)
- Se realiza la comparación contra la base de datos, para localizar coincidencias entre los nombres:
 - a) Se hace uso de la cláusula "LIKE", ejemplo: `select * from lluvia where estados LIKE '%agu%'`;
 - b) Se ejecuta el método "consultarEstados" de la clase DAO.php, se realiza la comparación principalmente de los estados "Baja California" y "Baja California Sur", seguido de los demás estados restantes de la república Mexicana.
 - i. `select * from lluvia where estados LIKE '%BAJA CALIFORNIA SUR%'`;
 - ii. `select * from lluvia where estados LIKE '%BAJA CALIFORNIA%'`;
 - iii. `select * from lluvia where estados LIKE '%NORTE%'`;

Flujo alterno:

- Si la base de datos no está disponible no se insertan los datos y el proceso no se realiza.
- Si no existe coincidencia se entregan los nombres de los estados como han sido escritos en el boletín no haciéndoles modificación alguna.

Extracción del rango de clasificación

Valor Numérico	Valor Letra
>= 150	F
>= 70 Y <= 149.9	E

>= 50 Y <= 69.9	D
>= 20 Y <= 49.9	C
>= 5 Y <= 19.9	B
>= 0.1 Y <= 4.9	A
< 0.1	SL

Tabla 7 Ejemplo de categorización de la lluvia

```
16, 3, C, 50 75, CHIHUAHUA, DURANGO, GUANAJUATO, JALISCO, ESTADO DE MÉXICO, MICHOACÁN, SINALOA, SONORA, VERACRUZ
15, 3, B, 25 50, AGUASCALIENTES, CHIAPAS, GUERRERO, OAXACA, PUEBLA, ZACATECAS
14, 3, A, 0.1 25, BAJA CALIFORNIA SUR, CAMPECHE, COAHUILA, COLIMA, DISTRITO FEDERAL, HIDALGO, MORELOS, NAYARIT, NUEVO LEÓN
, QUERÉTARO, QUINTANA ROO, SAN LUIS POTOSÍ, TABASCO, TAMAULIPAS, TLAXCALA, YUCATÁN
20, 3, SL, -150 0, BAJA CALIFORNIA]
```

Figura 14 Asignación de valor alfanumérico

Este proceso consiste en tomar la clasificación del rango precipitación en milímetros que trae la información del boletín meteorológico y convertirla a valor alfanumérico ya que el proceso de verificación se realiza de acuerdo a este tipo de información.

El sistema compara el rango numérico con una tabla llamada versión que almacena todos los rangos históricos de lluvia registrados anteriormente, si el sistema encuentra todos los rangos que trae el boletín y que pertenezcan a una sola clasificación; el valor alfanumérico de esta clasificación es asignado a los rangos del boletín, de lo contrario el sistema crea una nueva clasificación en donde a cada rango se le asignara un valor alfanumérico (cada clasificación empieza con la letra A y así sucesivamente).

Flujo del proceso:

Flujo primario:

- Se realiza la comprobación de la tabla de rangos de clasificación a la que pertenece el boletín

Se realizan consultas anidadas para verificar si existe coincidencia entre los rangos que poseen los datos del boletín actual, con los datos de los boletines anteriores.

```
SELECT version.id_version, version.limite_inf,version.limite_sup, version.categoria, version.id_v
FROM version, (SELECT t_3.id_version, t_3.limite_inf, t_3.limite_sup, t_3.id_v FROM (SELECT
version.id_version, version.limite_inf,version.limite_sup, version.categoria, version.id_v FROM
version, (SELECT t_1.id_version, t_1.limite_inf, t_1.limite_sup, t_1.id_v FROM (SELECT
version.id_version, version.limite_inf,version.limite_sup, version.categoria, version.id_v FROM
version, (SELECT id_version, limite_inf, limite_sup, id_v FROM version WHERE limite_inf =50 AND
limite_sup =75) AS t_0 WHERE version.id_v = t_0.id_v) AS t_1 WHERE t_1.limite_inf = 25 and
t_1.limite_sup=50) as t_2 WHERE version.id_v = t_2.id_v) AS t_3 WHERE t_3.limite_inf = 0.1 and
t_3.limite_sup=25) as t_4 WHERE version.id_v = t_4.id_v;
```

- Si encuentra coincidencias o no, se extraen los rangos del archivo de entrada y se asigna la tabla de clasificación a la que pertenece, asignándole id de la tabla de clasificación y la etiqueta que le corresponde (valor alfanumérico).

- Se realiza el recorrido de los datos dentro del archivo de salida del proceso anterior y se asignan junto con los estados pertenecientes; su id de clasificación, su etiqueta, y su rango.
16, 3, C, 50 75, CHIAPAS, CHIHUAHUA, DURANGO, GUERRERO, JALISCO, OAXACA, SINALOA, SONORA
- Se realiza el recorrido para localizar los estados que no han sido integrados en el boletín meteorológico y se asignan a la clasificación SL.
20, 3, SL, -150 0, BAJA CALIFORNIA
- Se realiza el almacenamiento en un archivo de texto para ser procesado por los módulos siguientes.

Flujo alterno:

- Si no existe coincidencia con los datos de la tabla, se almacena una nueva tabla de clasificación dentro de la base de datos.
- Se realiza el recorrido de los datos dentro del archivo de salida del proceso anterior y se asignan junto con los estados pertenecientes; su id de clasificación, su etiqueta, y su rango.
16, 3, C, 50 75, CHIAPAS, CHIHUAHUA, DURANGO, GUERRERO, JALISCO, OAXACA, SINALOA, SONORA
- Se realiza el recorrido para localizar los estados que no han sido integrados en el boletín meteorológico y se asignan a la clasificación SL.
20, 3, SL, -150 0, BAJA CALIFORNIA
- Se realiza el almacenamiento en un archivo de texto para ser procesado por los módulos siguientes.

Escritura del resultado

El último paso corresponde a la inserción de los registros en la tabla de pronosticado, para esto, se realizó un programa en php que realiza la lectura línea por línea de la salida del archivo anterior separándolas por comas, una vez separadas toma el primer campo que corresponde a la categoría que le fue asignada a esa clasificación, después realiza un ciclo de la columna cuatro hasta el final de la línea obteniendo cada uno de los nombres de los estados que abarca la categoría, obtenida la información se genera una cadena para cada estado en donde se establece a que tabla va a guardarse el nombre junto con su clasificación asignada y por último se ejecuta la inserción de registros.

Si todo es correcto, se debe de contar con 32 registros por día, los cuales representan a los 32 estados de la república mexicana.

```

Array
(
    [0] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'CHIHUAHUA', 16);
    [1] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'DURANGO', 16);
    [2] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'GUANAJUATO', 16);
    [3] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'JALISCO', 16);
    [4] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'ESTADO DE MEXICO', 16);
    [5] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'MICHOACÁN', 16);
    [6] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'SINALOA', 16);
    [7] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'SONORA', 16);
    [8] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'VERACRUZ', 16);
    [9] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'AGUASCALIENTES', 15);
    [10] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'CHIAPAS', 15);
    [11] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'GUERRERO', 15);
    [12] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'OAXACA', 15);
    [13] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'PUEBLA', 15);
    [14] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'ZACATECAS', 15);
    [15] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'BAJA CALIFORNIA SUR', 14);
    [16] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'CAMPECHE', 14);
    [17] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'COAHUILA', 14);
    [18] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'COLIMA', 14);
    [19] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'DISTRITO FEDERAL', 14);
    [20] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'HIDALGO', 14);
    [21] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'MORELOS', 14);
    [22] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'NAVARIT', 14);
    [23] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'NUEVO LEÓN', 14);
    [24] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'QUERÉTARO', 14);
    [25] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'QUINTANA ROO', 14);
    [26] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'SAN LUIS POTOSÍ', 14);
    [27] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'TABASCO', 14);
    [28] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'TAMAULIPAS', 14);
    [29] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'TLAXCALA', 14);
    [30] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'YUCATÁN', 14);
    [31] => insert into pronosticado (id_estado, fecha, estado, id_version) values(NULL, '2015-07-25', 'BAJA CALIFORNIA', 20);
)
    
```

Figura 15 Inserción de registros en la tabla de pronosticado

Extracción de los pronósticos máximos de precipitación de las estaciones meteorológicas automáticas por entidad federativa de manera automática.

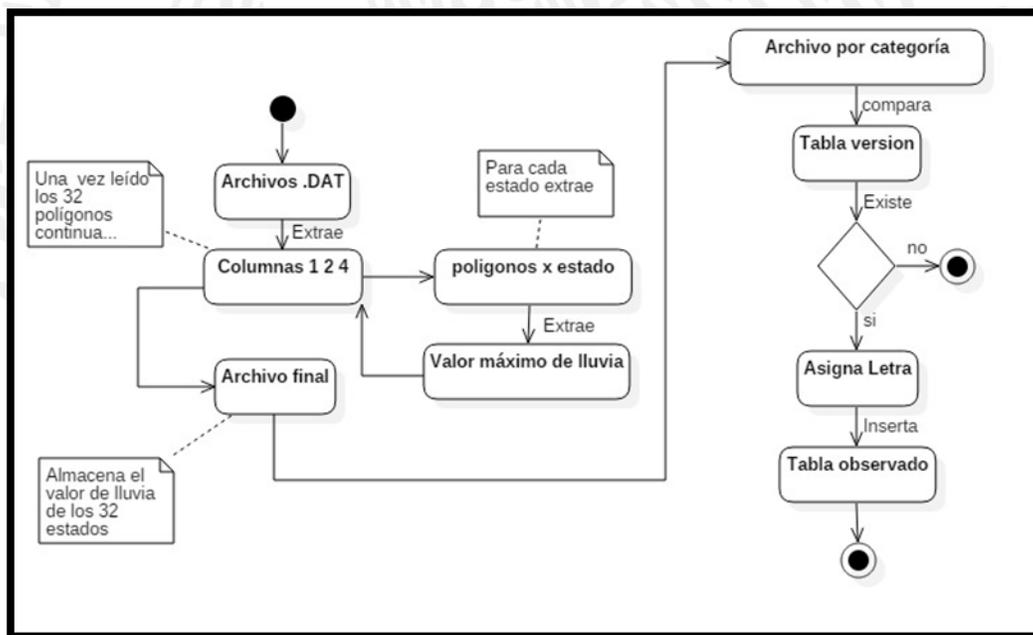


Figura 16 Comportamiento general del proceso de lo observado

Descarga del archivo de pronóstico

El Servicio Meteorológico Nacional ha entregado un cd con información de los datos de precipitación máxima correspondiente a un periodo de lluvia, la información es diaria contenida en archivos .DAT que a su vez están comprimidos en formato zip.

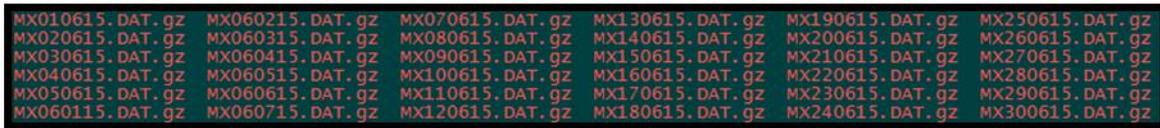


Figura 17 Contenido del cd

El contenido de cada archivo está compuesto por 976 líneas, el cual puede variar debido a los estándares de calidad que les aplica el Servicio Meteorológico Nacional a las estaciones.

Cada registro está compuesto por cuatro columnas de datos:

- Columna 1: Longitud de la estación
- Columna 2: Latitud de la estación
- Columna 3: Identificación numérica de la estación
- Columna 4: Valor de la precipitación máxima de la estación
- Columna 5: Identificación alfanumérica de la estación

-100.0925	21.298889	1318	0	XICGJ
-101.106944	21.3225 2003	2.3	LQMGJ	
-100.496111	21.22 2206	0	POZGJ	
-103.361667	20.388889	1593	0	PITJL
-99.123889	19.904722	2229	0	TTQMX
-101 20.38	1735 0.01	JDPGJ		
-100.386111	20.997222	2114	0	SJPGJ
-101.016389	20.430833	1747	24.5	SMAGJ
-100.363333	20.198333	2271	9.7	CDRGJ
-101.474722	21.068056	1898	4	COMGJ
-101.358889	20.276111	1859	3	LJIGJ
-100.745833	20.577778	1764	16.2	SMOJ
-103.716667	20.133333	1267	24.3	CRRJL
-102.064444	26.983333	750	0	CCGCL
-90.72 19.361667	17	0	CANCA	
-95.929167	16.647222	638	0	BOQOX
-99.123056	24.080556	210	0	BRITP
-97.926944	22.386111	2	0	BALTP
-96.716667	17.066667	1515	0	BAEOX
-96.1 17.016667	2060	2.1	AYUOX	
-101.661111	19.926111	1998	0	AMEMC
-98.145 22.988611	82	0	AHLTP	
-102.309722	21.895 1865	10.2	AGSAG	
-102.466944	22.188611	2050	0.6	ANVAG
-102.676944	21.9975 1783	9	CDRAG	
-102.296667	22.362778	1885	19	CSOAG
-102 21.896389	2015	35.1	CNSAG	
-102.356944	22.121667	1970	12.6	JCQAG
-102.788333	21.8075 1585	10.5	MNLAG	
-102.371667	21.78 1828	0.01	NGRAG	
-102.290336	21.850833	1874	9.7	OBSAG
-102.291944	22.1625 1909	0.5	PBLAG	
-102.417222	22.141111	2020	3	PECAG
-102.133333	21.202778	2322	3	PTOAG
-102.4375	22.235 2090	0	PTRAG	
-116.9 32.527778	80	0	ALMBN	
-116.908333	32.444722	120	0	ALRBN
-116.485556	32.195278	555	0	BLMBN
-116.696944	32.479444	495	0	CRRBN
-116.584444	32.243056	440	0	CSRBN
-116.828333	32.468056	240	0	EFLBN
-116.168333	31.104167	70	0	ELZBN
-115.15 32.411111	60	0	ENLBN	
-116.302778	32.516389	960	0	HNGBN
-116.811111	32.101944	20	0	LMBN
-115.27 32.39	60	0	MXCBN	
-114.729444	32.703889	28	0	PDMBN

Figura 18 Contenido de los archivos .DAT

Extracción de la información de lluvia del archivo

Se desarrolló un programa en el intérprete de comandos bashscript que recibe un parámetro de entrada que consiste en la fecha del archivo que se va a tratar, le fecha debe ser dada en ddmmaa. Una vez que se obtuvo el archivo solo se obtienen las columnas 1, 2 y 4 que corresponden a la longitud, latitud y valor máximo de precipitación y se guarda en un archivo de texto, lo anterior se llevó a cabo con el comando awk.

```
-100.0925 21.298889 0
-101.106944 21.3225 2.3
-100.496111 21.22 0
-103.361667 20.583889 0
-99.123889 19.904722 0
-101.20.38 0.01
-100.386111 20.997222 0
-101.016389 20.430833 24.5
-100.363333 20.198333 9.7
-101.474722 21.068056 4
-101.358889 20.276111 3
-100.745833 20.577778 16.2
-103.716667 20.133333 24.3
-102.064444 26.983333 0
-90.72 19.361667 0
-95.929167 16.647222 0
-99.123056 24.080556 0
-97.926944 22.386111 0
-96.716667 17.066667 0
-96.1 17.016667 2.1
-101.661111 19.926111 0
-98.145 22.988611 0
-102.309722 21.895 10.2
-102.466944 22.188611 0.6
-102.676944 21.9975 9
-102.296667 22.362778 19
-102.21.896389 35.1
-102.356944 22.121667 12.6
-102.788333 21.8075 10.5
-102.371667 21.78 0.01
-102.290556 21.850833 9.7
-102.291944 22.1525 0.5
-102.417222 22.141111 3
-102.133333 21.202778 3
-102.4375 22.235 0
-116.9 32.527778 0
-116.908333 32.444722 0
-116.485556 32.195278 0
-116.696944 32.479444 0
-116.584444 32.243056 0
-116.828333 32.468056 0
-116.168333 31.104167 0
-115.15 32.411111 0
-116.302778 32.516389 0
-116.811111 32.101944 0
-115.27 32.39 0
-114.729444 32.703889 0
```

Figura 19 Columnas 1, 2 y 4

En algunos casos por errores de captura las columnas pueden contener valores alfanuméricos que representan un error al tratar la información de manera automática, por lo que se hace una búsqueda en el archivo con el comando grep que eliminará aquellas líneas que no sean numéricas.

NOTA: Se cuenta con una base de datos que contiene la información de los polígonos por estado, esto servirá para poder obtener del archivo de precipitación solo la información correspondiente al estado que se esté tratando al comparar las latitudes y longitudes del archivo de polígonos con su contraparte del archivo de precipitación.

Para poner un ejemplo en práctica seleccionaremos al estado de Aguascalientes. En la figura 20 se muestra la información del polígono que abarca a dicho estado.

```

-102.746,21.7296317095124
-102.834,21.7646386248381
-102.866,21.7996455401638
-102.873,21.8456546288775
-102.825,21.9656783385656
-102.685,22.1287105442252
-102.659,22.245733661171
-102.621,22.2727389958508
-102.535,22.2727389958508
-102.476,22.335751443437
-102.329,22.384761124893
-102.318,22.4517743628021
-102.303,22.4517743628021
-102.3,22.4197680402187
-102.2,22.3197482821453
-102.188,22.3477538144058
-102.169,22.3467536168251
-102.162,22.2927429474655
-102.075,22.2777399837545
-102.048,22.2367318829444
-102.016,22.2297304998793
-102.008,22.1527152861628
-102.028,22.151715088582
-102.031,22.136712124871
-101.97,22.1117071853527
-101.957,22.046694342605
-101.912,21.97167952405
-101.878,21.9516755724353
-101.878,21.9516755724353
-101.887,21.9126678667867
-102.043,21.8736601611381
-102.091,21.7966449474216
-102.258,21.6426145199886
-102.327,21.6676194595069
-102.408,21.6696198546684
-102.661,21.7566370441922
-102.714,21.7516360562886
-102.746,21.7296317095124
    
```

Figura 20 Polígono del estado de Aguascalientes

Se desarrolló un programa en lenguaje python que nos permitirá solo extraer las estaciones que pertenezcan al estado que se está tratando.

- Copia el contenido del archivo de polígonos a un nuevo.
- Agrega en el nuevo archivo un espacio que servirá para indicarle al programa de python cuáles son los polígonos a buscar y donde va a buscarlos
- Copia al nuevo archivo, el archivo de precipitación
- Se realiza el proceso de comparación entre longitudes y latitudes y donde encuentre similitud coloca el valor de 1, -1 en caso contrario

```

+
-1
-1
-1
-1
1
1
1
1
    
```

Figura 21 Encontrado o no

Una vez terminado el proceso anterior, un programa hecho en php, se encarga de buscar todos los registros que contengan el valor de 1, obteniendo los valores correspondientes del archivo de precipitación y vaciarlos en un nuevo archivo al que guardara con el nombre del estado en formato texto.

```

AGS -102.309722 21.895 10.2
AGS -102.466944 22.188611 0.6
AGS -102.676944 21.9975 9
AGS -102.296667 22.362778 19
AGS -102 21.896389 35.1
AGS -102.356944 22.121667 12.6
AGS -102.788333 21.8075 10.5
AGS -102.371667 21.78 0.01
AGS -102.290556 21.850833 9.7
AGS -102.291944 22.1625 0.5
AGS -102.417222 22.141111 3
AGS -102.4375 22.235 0

```

Figura 22 Archivo que muestra los polígonos del estado que encontró

Al archivo anterior con la ayuda del comando awk solo se extrae el valor de precipitación máxima de mayor rango y se guarda en un archivo llamado final que almacena el valor de la precipitación de cada uno de los estados.

```

20150726 AGS 35.1
20150726 BCN 0
20150726 BCS 18.7
20150726 CAM 0.7
20150726 COA 1
20150726 COL 0
20150726 CHP 17.6
20150726 CHH 32
20150726 DIF 40.9
20150726 DGO 24.2
20150726 MEX 42
20150726 GTO 44.5
20150726 GRO 26
20150726 HGO 8.9
20150726 JAL 34
20150726 MIC 41.5
20150726 MOR 85.2
20150726 NAY 77.6
20150726 NLE 3
20150726 OAX 46.1
20150726 PUE 30
20150726 QRO 23.8
20150726 ROO 0
20150726 SLP 0.2
20150726 SIN 83
20150726 SON 45.5
20150726 TAB 0
20150726 TAM 0
20150726 TLA 31.4
20150726 VER 98.1
20150726 YUC 0
20150726 ZAC 29

```

Figura 23 Archivo mostrando el valor de precipitación

Con el comando sed se sustituye los espacios en blanco por comas para establecerlo como separador de registros a la hora de insertarlos en la base de datos y la segunda columna del archivo anterior que representa la información del estado en forma abreviada por el nombre completo, quedando el archivo final de la siguiente manera.

```

20150726,AGUASCALIENTES,35.1
20150726,BAJA CALIFORNIA,0
20150726,BAJA CALIFORNIA SUR,18.7
20150726,CAMPECHE,0.7
20150726,COAHUILA,1
20150726,COLIMA,0
20150726,CHIAPAS,17.6
20150726,CHIHUAHUA,32
20150726,DISTRITO FEDERAL,40.9
20150726,DURANGO,24.2
20150726,ESTADO DE MÉXICO,42
20150726,GUANAJUATO,44.5
20150726,GUERRERO,26
20150726,HIDALGO,8.9
20150726,JALISCO,34
20150726,MICHOACÁN,41.5
20150726,MORELOS,85.2
20150726,NAYARIT,77.6
20150726,NUEVO LEÓN,3
20150726,OAXACA,46.1
20150726,PUEBLA,30
20150726,QUERÉTARO,23.8
20150726,QUINTANA ROO,0
20150726,SAN LUIS POTOSÍ,0.2
20150726,SINALOA,83
20150726,SONORA,45.5
20150726,TABASCO,0
20150726,TAMAULIPAS,0
20150726,TLAXCALA,31.4
20150726,VERACRUZ,98.1
20150726,YUCATÁN,0
20150726,ZACATECAS,29
    
```

Figura 24 Archivo final

El último paso corresponde a la inserción de los registros en la tabla de observado, para esto se desarrolló un programa en lenguaje php para el análisis, clasificación e inserción de la información que ha sido extraída de los archivos de pronóstico de lluvia, con el fin de integrar y homogeneizar la clasificación en conjunto con la información observada.

Una vez creado el archivo final que se muestra anteriormente, se procede a realizar la lectura y asignación de clasificación de acuerdo al boletín meteorológico que fue emitido la misma fecha, es decir, el boletín con fecha 2015-07-26 ha sido relacionado con una clasificación específica de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional, y esta clasificación deberá ser utilizada para los valores pronosticados.

Para realizar este proceso se lleva a cabo la lectura del archivo que contiene los datos separados por coma, a fin de seleccionar la fecha a procesar, la precipitación, y el estado en donde se efectuó la observación.

Posterior a la lectura, se obtiene de la base de datos la clasificación de precipitación que ha sido asignada dentro de los boletines meteorológicos, creando entradas de 32 registros con su respectivo nivel de clasificación.

2015” Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón”

id_version	limite_inf	limite_sup	categoria	id_v
1	0	5	A	1
2	5	20	B	1
3	20	50	C	1
4	50	70	D	1
5	70	150	E	1
6	150	-1	F	1
7	-150	0	SL	1
8	0	5	A	2
9	5	25	B	2
10	25	50	C	2
11	50	75	D	2
12	75	150	E	2
13	-150	0	SL	2
14	0.1	25	A	3
15	25	50	B	3
16	50	75	C	3
17	75	150	D	3
18	150	250	E	3
19	250	-1	F	3
20	-150	0	SL	3

Figura 25 Clasificación por categorías

Se finaliza el proceso al realizar la integración de los datos dentro de la base de datos en su respectiva tabla, estos datos al igual que los datos pronosticados son conjuntos de 32 elementos por universo en una fecha determinada.

2015-07-26	CHIAPAS	16
2015-07-26	NUEVO LEÓN	14
2015-07-26	NAYARIT	14
2015-07-26	MORELOS	14
2015-07-26	ESTADO DE MÉXICO	14
2015-07-26	HIDALGO	14
2015-07-26	GUANAJUATO	14
2015-07-26	DISTRITO FEDERAL	14
2015-07-26	COLIMA	14
2015-07-26	COAHUILA	14
2015-07-26	CAMPECHE	14
2015-07-26	BAJA CALIFORNIA SUR	14
2015-07-26	ZACATECAS	15
2015-07-26	VERACRUZ	15
2015-07-26	MICHOACÁN	15
2015-07-26	AGUASCALIENTES	15
2015-07-26	SONORA	16
2015-07-26	SINALOA	16
2015-07-26	OAXACA	16
2015-07-26	JALISCO	16
2015-07-26	GUERRERO	16
2015-07-26	DURANGO	16
2015-07-26	CHIHUAHUA	16
2015-07-26	PUEBLA	14
2015-07-26	QUERÉTARO	14
2015-07-26	QUINTANA ROO	14
2015-07-26	SAN LUIS POTOSÍ	14
2015-07-26	TABASCO	14
2015-07-26	TAMAULIPAS	14
2015-07-26	TLAXCALA	14
2015-07-26	YUCATÁN	14
2015-07-26	BAJA CALIFORNIA	20
2015-07-26	AGUASCALIENTES	14
2015-07-26	BAJA CALIFORNIA	20
2015-07-26	BAJA CALIFORNIA SUR	14
2015-07-26	CAMPECHE	20
2015-07-26	COAHUILA	14
2015-07-26	COLIMA	14
2015-07-26	CHIAPAS	14
2015-07-26	CHIHUAHUA	16
2015-07-26	DISTRITO FEDERAL	14
2015-07-26	DURANGO	14
2015-07-26	ESTADO DE MÉXICO	15
2015-07-26	GUANAJUATO	14
2015-07-26	GUERRERO	16
2015-07-26	HIDALGO	14
2015-07-26	JALISCO	14
2015-07-26	MICHOACÁN	16
2015-07-26	MORELOS	20
2015-07-26	NAYARIT	20
2015-07-26	NUEVO LEÓN	20
2015-07-26	OAXACA	14
2015-07-26	PUEBLA	15
2015-07-26	QUERÉTARO	20
2015-07-26	QUINTANA ROO	20
2015-07-26	SAN LUIS POTOSÍ	14
2015-07-26	SINALOA	16
2015-07-26	SONORA	16
2015-07-26	TABASCO	14
2015-07-26	TAMAULIPAS	20
2015-07-26	TLAXCALA	20
2015-07-26	VERACRUZ	15
2015-07-26	YUCATÁN	20
2015-07-26	ZACATECAS	14

Figura 26 Datos pronosticados (izquierda) y datos observados (derecha) clasificados con los rangos de precipitación del día 2015-07-26 extraído del boletín del CG-SMN.

Sin embargo, si no existen registros de datos pronosticados para la fecha; el proceso de datos observados no puede ser realizado.

Creación de la base de datos y tablas para almacenar la información tanto de la lluvia pronosticada como de la observada y los mecanismos de acceso a estas.

Se crearon cuatro tablas en mysql con el objetivo de almacenar la información de los datos medidos, los pronosticados y las clasificaciones que pueda tener cada categoría (que servirán para la verificación de los pronósticos). A continuación, se describe la creación de las mismas y se muestra la estructura que conforma cada una de estas.

Tabla lluvia

La tabla lluvia tiene como objetivo ayudar a obtener correctamente los nombres de los estados, para lograr esto funciona como intermediaría entre la lectura del archivo que se generó anteriormente y un archivo de texto donde se tienen las posibles combinaciones que se puedan presentar los nombres de los estados, con la ayuda de MySQL y su comando LIKE se logra el objetivo.

Creación:

```
create table lluvia (id int(11) not null auto_increment, estados text, clasificacion varchar(150) default charset=utf8;
```

Descripción:

- Id : Se encarga de que cada registro sea único y cuando se inserte un nuevo registro su valor se autoincrementara.
- estado: Campo que almacena el valor del nombre del estado donde se registró la precipitación.
- Clasificación: Clasificación que emite el Servicio Meteorológico de acuerdo a un rango de lluvia.

Estructura:

```
mysql> show fields from lluvia;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field      | Type      | Null | Key | Default | Extra      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id         | int(11)   | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| estados    | text      | YES  |     | NULL    |              |
| clasificacion | varchar(150) | YES  |     | NULL    |              |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.01 sec)
```

Figura 27 Tabla lluvia

Tabla pronosticada

La tabla pronosticada nos permitirá el almacenamiento de los registros de precipitación que se emiten en los boletines de pronóstico general que emite el Servicio Meteorológico Nacional.

Creación:

create table pronosticado (idestado int(11) not null auto_increment, fecha date, estado varchar(50), id_version int(11),primary key(idestado)) default charset=utf8;

Descripción:

Se crea una tabla llamada pronosticado con cuatro campos, los cuales son:

- idestado: Se encarga de que cada registro sea único y cuando se inserte un nuevo registro su valor se autoincrementara.
- fecha: Almacena la fecha en que se registró la lluvia pronosticada.
- estado: Campo que almacena el valor del nombre del estado donde se registró la precipitación.
- id_version: Almacena el número de versión que le fue asignado de acuerdo al valor de lluvia que se halla presentado en la estación y que guarda relación directa con la tabla de versión que se describe líneas abajo.

Estructura:

```
mysql> show fields from pronosticado;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field      | Type      | Null | Key  | Default | Extra      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_estado  | int(11)   | NO   | PRI  | NULL    | auto_increment |
| fecha      | date      | YES  |      | NULL    |              |
| estado     | varchar(50) | YES  |      | NULL    |              |
| id_version | int(11)   | YES  |      | NULL    |              |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)
```

Figura 28 Tabla pronosticado

Tabla observada

La tabla observada nos permitirá el almacenamiento de los registros de precipitación de las estaciones automáticas que proporcione el Servicio Meteorológico nacional.

Creación:

create table observado (id_observado int(11) not null auto_increment, fecha date, estado varchar(50), id_version int(11),primary key(idestado)) default charset=utf8;

Descripción: Se crea una tabla llamada pronosticado con cuatro campos, los cuales son:

- id_observado: Se encarga de que cada registro sea único y cuando se inserte un nuevo registro su valor se autoincrementara.
- fecha: Almacena la fecha en que se registró la lluvia pronosticada.
- estado: Campo que almacena el valor del nombre del estado donde se registró la precipitación.
- id_version: Almacena el número de versión que le fue asignado de acuerdo al valor de lluvia que se halla presentado en la estación y que guarda relación directa con la tabla de versión que se describe líneas abajo.

Estructura:

```
mysql> show fields from observado;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id_observado	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
fecha	date	YES		NULL	
estado	varchar(50)	YES		NULL	
id_version	int(11)	YES		NULL	

4 rows in set (0.00 sec)

Figura 29 Tabla observado

Tabla version

La tabla versión nos permitirá el almacenamiento de las diferentes clasificaciones que pueda tener cada categoría de acuerdo al rango de lluvia que establezca el Servicio Meteorológico Nacional.

Creación:

```
create table version (id_version int(11) not null auto_increment, limite_inf double, limite_sup double, categoria varchar(10),id_v int(11) primary key(id_version)) default charset=utf8;
```

Descripción: Se crea una tabla llamada version con cinco campos, los cuales son:

- id_version: Se encarga de que cada registro sea único y cuando se inserte un nuevo registro su valor se autoincrementara.
- limite_inf: Almacena el rango inicial que puede tener una clasificación.
- limite_sup: Almacena el rango final que puede tener una clasificación.
- categoría: Almacena el valor alfanumérico que se le asigna a cada una de las clasificaciones de cada categoría y que va a permitir realizar la verificación entre lo observado y pronosticado.
- Id_v: Almacena el valor de la categoría a la que pertenece cada clasificación

Estructura:

```
mysql> show fields from version;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id_version	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
limite_inf	double	YES		NULL	
limite_sup	double	YES		NULL	
categoria	varchar(10)	YES		NULL	
id_v	int(11)	YES		NULL	

5 rows in set (0.01 sec)

Figura 30 Tabla versión

Módulo de mapa interactivo

Se define un diseño web basado en una interacción hombre-máquina logrando proveer mayor usabilidad al sistema; para mantener un dinamismo en la página sin necesidad de generar peticiones completas hacia el servidor web, se han de combinar cuatro tecnologías web:

- Hojas de estilo en cascada (CSS)
- Javascript
- Framework jQuery
- HTML

Asimismo, el módulo deberá proveer un mecanismo convencional de selección de información que no interfiera con el funcionamiento del mapa, utilizando listas desplegables y selección de rango de fechas para realizar la verificación.

Componentes	
<p>Mapa interactivo:</p> <p>Permite la selección del estado donde se desea realizar la verificación de pronóstico de lluvia máxima.</p> <p>Tecnologías:</p> <p>jQuery(Ajax), HTML y CSS</p>	
<p>Lista de selección de estados:</p> <p>Permite la selección del estado donde se desea realizar la verificación de pronóstico de lluvia máxima.</p> <p>Tecnologías:</p> <p>HTML y CSS</p>	
<p>Rango de verificación:</p> <p>Permite seleccionar la fecha inicial y final del periodo de verificación, desplegando un calendario interactivo.</p>	

Componentes	
Tecnologías: jQuery(Ajax), HTML, CSS y plugin jCalendar.	
Botón de inicio de verificación: Permite inicializar las variables y ejecutar el proceso de verificación de lluvia máxima.	
Tecnologías: jQuery(Ajax), HTML y CSS	

Figura 31 Modulo de entradas

Una vez obtenida la información del estado de la república mexicana y el rango de verificación, el sistema realiza lo siguiente:

- Realizar una consulta a la base de datos de MySQL en las tablas pronosticado y observado de acuerdo a los parámetros seleccionados por el usuario (Tecnología: Lenguaje php).
- Obtenida la información se guarda en dos arreglos, uno representa todo lo pronosticado en los boletines meteorológicos y el otro la información de las estaciones automáticas. (Tecnología: Lenguaje php).
- Con la información de los dos arreglos se arman tantos arreglos como categorías de verificación existan en el periodo consultado, con el objetivo de para cada uno de estos se armen tablas de contingencia, resumiendo la información en cuatro condiciones:
 - Un evento observado y pronosticado
 - Un evento no observado y pronosticado
 - Un evento observado y no pronosticado
 - Un evento no observado y no pronosticado
- Para cada una de las tablas de contingencia se realiza el cálculo de los índices de verificación establecidos por la OMM, el resultado se guarda en arreglos (Tecnología: Lenguaje php).
- Los arreglos generados en el punto anterior son los resultados del ejercicio de verificación y se mandan mediante paso de parámetros a diferentes archivos con el objetivo que la información sea publicada de una forma objetiva de tal forma que el cliente pueda entender el resultado del proceso.

Salidas	
Estructura del diseño (Salida en formato grafico de barras): Permite analizar la información del proceso de verificación en un formato de grafico de	

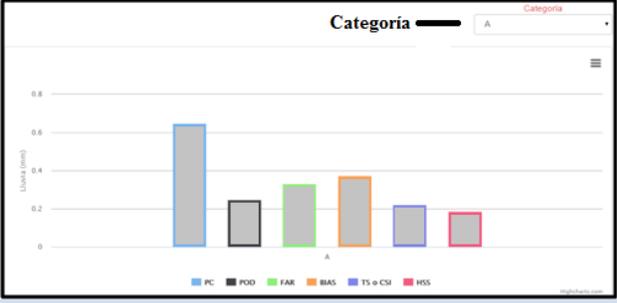
<p>Salidas</p>																																																																	
<p>barras, donde cada grafico representa el valor de los índices de verificación sobre una categoría de lluvia en particular.</p> <p>El usuario de manera interactiva puede moverse de una categoría a otra y el sistema le mostrara la información de la aplicación de los índices.</p> <p>El sistema ofrece la opción de imprimir los resultados en diferentes formatos de gráficos.</p> <p>Tecnologías: jQuery(Ajax),HTML,CSS,PHP, HIGHCHARTS</p>																																																																	
<p>Estructura del diseño (Salida en formato tabla):</p> <p>Permite analizar la información del proceso de verificación en un formato de tabla, donde se muestran todas las categorías existentes en el periodo de búsqueda y el valor de los índices de verificación para cada uno de ellos.</p> <p>Tecnologías: HTML yCSS</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>RANGO</th> <th>PC</th> <th>POD</th> <th>FAR</th> <th>BIAS</th> <th>TS o CSI</th> <th>HSS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0.1-25 mm</td> <td>0.650</td> <td>0.250</td> <td>0.333</td> <td>0.375</td> <td>0.222</td> <td>0.186</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>25-50 mm</td> <td>0.700</td> <td>0.400</td> <td>0.600</td> <td>1.000</td> <td>0.250</td> <td>0.200</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>50-75 mm</td> <td>0.700</td> <td>0.250</td> <td>0.750</td> <td>1.000</td> <td>0.143</td> <td>0.063</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>75-150 mm</td> <td>0.800</td> <td>1.000</td> <td>0.667</td> <td>3.000</td> <td>0.333</td> <td>0.412</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>150-250 mm</td> <td>0.900</td> <td>0.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>0.000</td> <td>-0.053</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>≥250 mm</td> <td>0.950</td> <td>ND</td> <td>1.000</td> <td>ND</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>SL</td> <td>< 0.1 mm</td> <td>1.000</td> <td>ND</td> <td>ND</td> <td>ND</td> <td>ND</td> <td>ND</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORIA	RANGO	PC	POD	FAR	BIAS	TS o CSI	HSS	A	0.1-25 mm	0.650	0.250	0.333	0.375	0.222	0.186	B	25-50 mm	0.700	0.400	0.600	1.000	0.250	0.200	C	50-75 mm	0.700	0.250	0.750	1.000	0.143	0.063	D	75-150 mm	0.800	1.000	0.667	3.000	0.333	0.412	E	150-250 mm	0.900	0.000	1.000	1.000	0.000	-0.053	F	≥250 mm	0.950	ND	1.000	ND	0.000	0.000	SL	< 0.1 mm	1.000	ND	ND	ND	ND	ND
CATEGORIA	RANGO	PC	POD	FAR	BIAS	TS o CSI	HSS																																																										
A	0.1-25 mm	0.650	0.250	0.333	0.375	0.222	0.186																																																										
B	25-50 mm	0.700	0.400	0.600	1.000	0.250	0.200																																																										
C	50-75 mm	0.700	0.250	0.750	1.000	0.143	0.063																																																										
D	75-150 mm	0.800	1.000	0.667	3.000	0.333	0.412																																																										
E	150-250 mm	0.900	0.000	1.000	1.000	0.000	-0.053																																																										
F	≥250 mm	0.950	ND	1.000	ND	0.000	0.000																																																										
SL	< 0.1 mm	1.000	ND	ND	ND	ND	ND																																																										

Figura 32 Modulo de salidas

Estructura del sistema web

Se diseñó la página Web organizando los elementos que la componen antes de empezar la etapa de programación, para definir las secciones, la estructura y todos los elementos necesarios.

En la estructura de la página web se definieron las ubicaciones de los menús de navegación y el contenido a consultar por los navegantes. A continuación, se describen los componentes del diseño de la página web.

Para este sistema Web se utilizó una estructura hecha con contenedores "DIV", a continuación, se describe la estructura de los contenedores principales.

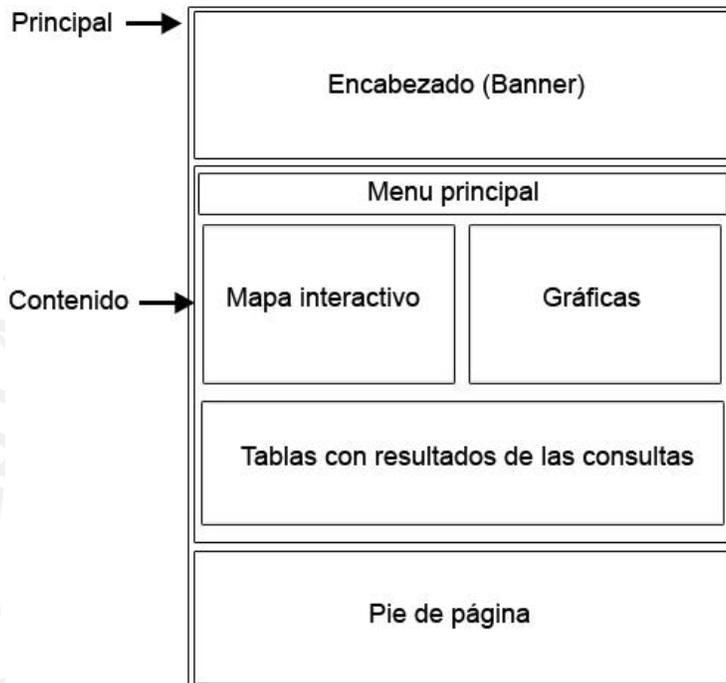


Figura 33 Estructura del sistema Web

Principal

En la sección "Principal", quedó definida la estructura de los contenedores, esto es lo que se conoce como la regla Body o en algún contenedor DIV de la estructura. Dentro de este contenedor se encuentran los elementos del sitio; módulos, contenidos, imágenes, etc.

Este contenedor puede tener un ancho fijo; el ancho será igual para todos los navegadores y dispositivos, o uno fluido que se adaptará al ancho de la ventana o también se pueden manejar con hojas de estilo de cascada (hojas CSS).

Encabezado

Ubicado en la parte superior de la página se encuentra el encabezado, en este lugar aparece el logotipo institucional de CONAGUA y el nombre del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que identifica a todo el sistema Web. Por estar ubicado en la parte superior de la página, esta imagen acompañará la navegación por todo el sitio web ayudando al reconocimiento del sistema Web.

Menú principal

El menú proporciona funcionalidad en la navegación por los sitios de la página web, pone a la vista el contenido y da acceso a los usuarios a la información. En esta página el menú se encuentra en forma horizontal, para facilitar el acceso a lo más importante del sitio web.

Contenido

El contenido está enfocado y lo que salta a primera vista, es el mapa de la República Mexicana, el cual está dividido por estados para facilitar la consulta; luego las gráficas para que visualmente se vean los datos en forma más ágil; los datos se muestran en una tabla con los valores de la consulta y permitiendo elegir un rango y/o categoría.

Pie de página

Al final de la página, se muestra el logotipo de la Semarnat y la información general del SMN.

Diagrama del sistema

Casos de uso

Caso de uso: Autenticación de usuario	
Actor: Cualquier usuario	
Curso Normal	
1.- El cliente accesa a la página web	
2.- Se registra, anotando clave de usuario y password	2.1.- Si la clave de usuario o el password son incorrectos, el sistema manda mensaje
3.- El usuario entra al sistema de verificación	

Figura 34 Caso de uso de autenticación

Caso de uso: Verificación de precipitación	
Actor: Cualquier usuario con conocimientos de meteorología	
Curso Normal	
1.- El cliente acceso a la página web	
2.- El usuario selecciona el estado de la republica a consultar	
3.- El usuario selecciona el periodo de precipitación que desea verificar	3.1.- Si el usuario no selecciona el estado o el periodo de precipitación, se le informa que debe seleccionar ambos campos.
4.- El sistema realiza la consulta en la base de datos con los parámetros de entrada	4.1.- Si no existen datos de precipitación para ese periodo, el sistema manda un mensaje
5.- Con los resultados obtenidos el sistema clasifica la información dependiendo del valor medido de	

precipitación	
6.-Se generan n tablas de contingencia dependiendo de la clasificación del punto 5.	
7.-Con las tablas del punto 6, se calculan los índices de verificación propuestos por la OMM.	
8.-Con los resultados de los índices, se presenta una gráfica de barras donde se muestra la información de manejar sintetizada de cada una de las categorías por índices de verificación.	
9.-Con los resultados obtenidos, se presenta una tabla con la información de los valores de cada uno de los índices por categoría.	

Figura 35 Caso de uso de verificación

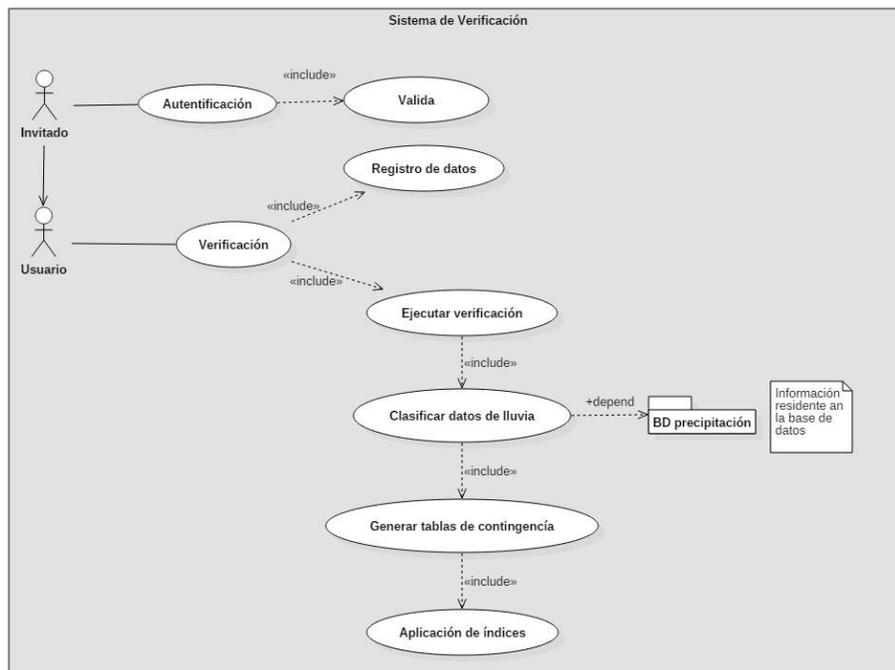


Figura 36 Caso de uso de autenticación y verificación

Diagrama de secuencia

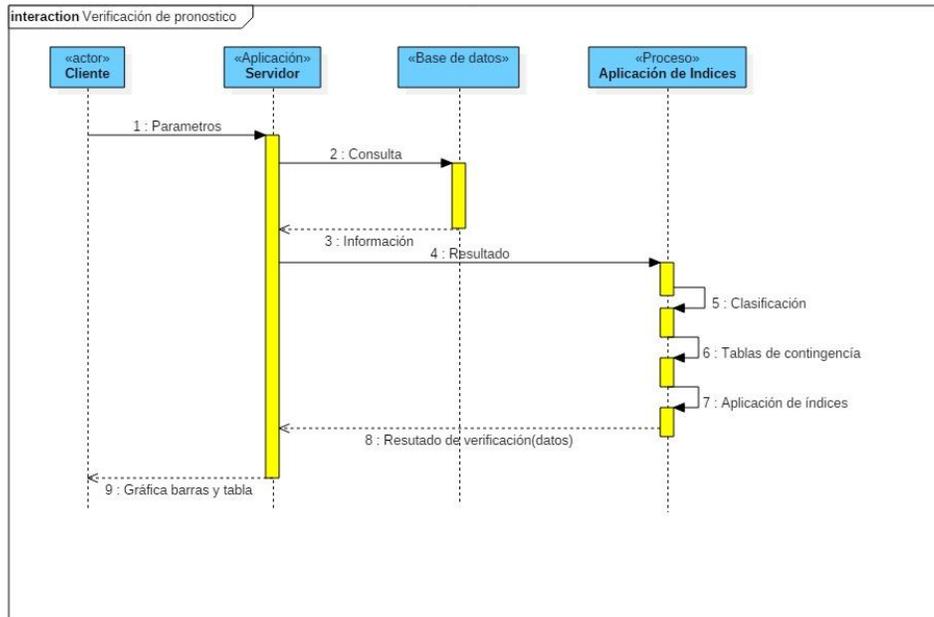


Figura 37 Diagrama de secuencia

Diagrama de flujo

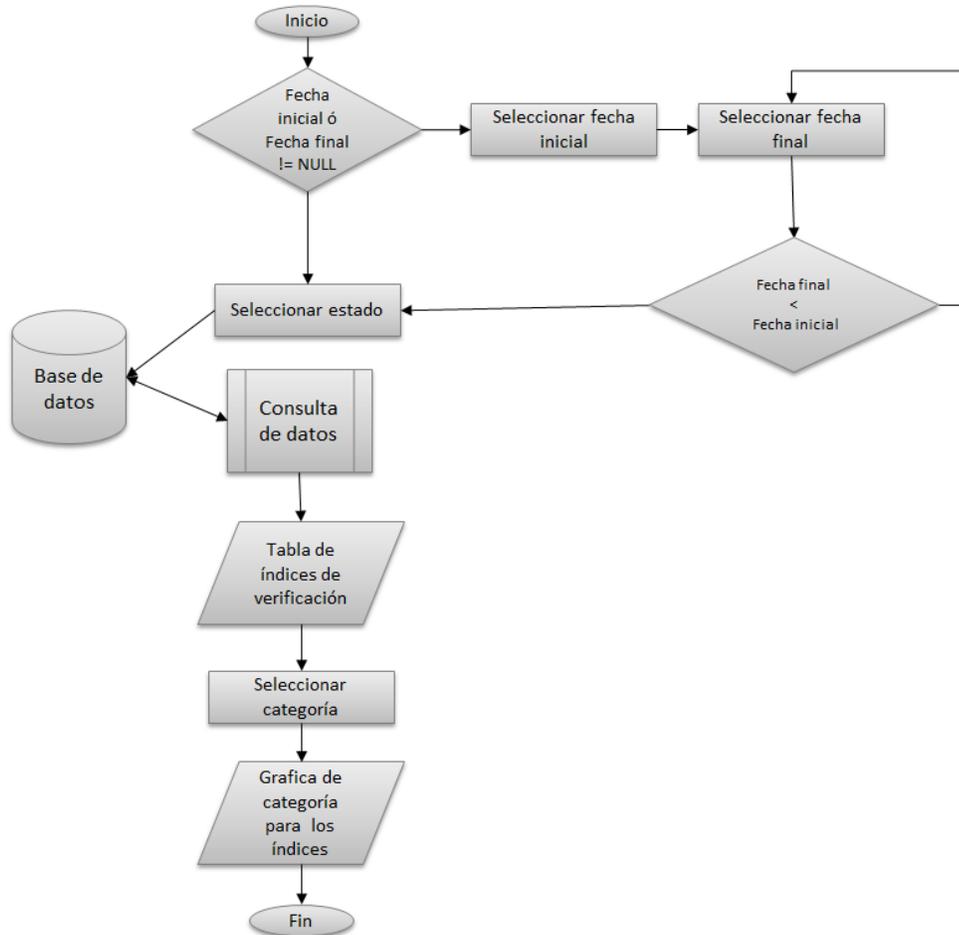


Figura 38 Diagrama de flujo del sistema web

Estructura funcional del sistema web

En la página web se muestra el mapa de la República Mexicana por estado:



Figura 39 Página web principal

La página de verificación permite la consulta de información por medio de una fecha inicial, fecha final y la selección del estado a consultar por medio de un mapa interactivo para obtener datos con respecto a los índices de verificación de pronóstico de lluvia, desplegándonos la tabla con los valores de la consulta y permitiéndonos elegir un rango y/o categoría para mostrar dichos resultados por medio de una gráfica.

Los índices utilizados para la evaluación del pronóstico son:

- Porcentaje Correcto (PC) o Porcentaje de estimaciones correctas
- Tasa de aciertos (H) o Probabilidad de detección de eventos (POD)
- Tasa de Falsas alarmas (F)
- Tendencia (B)
- Total, de amenazas (TS) o Índice crítico de éxito (CSI)
- Heidke Skill Score (HSS)

Para comenzar con el proceso de verificación, es necesario seleccionar dos parámetros de entrada que son el estado de la república mexicana y el periodo de tiempo a verificar.



Figura 40 Selección del estado y periodo de tiempo a verificar

En el mapa se puede seleccionar un estado de la república mexicana ya sea con el mouse o seleccionándolo de un listbox, el periodo de selección se llevará a cabo mediante un calendario.

Una vez seleccionado los parámetros de entrada el usuario debe seleccionar el botón “Iniciar verificación”, el cual primero ejecuta la acción de verificar que el usuario haya seleccionado los parámetros de entrada y que estos estén correctamente validados, por ejemplo, que la fecha inicial del periodo de verificación no sea mayor que la fecha final, una vez que los parámetros son validados y correctos, el sistema muestra los resultados del proceso de verificación.

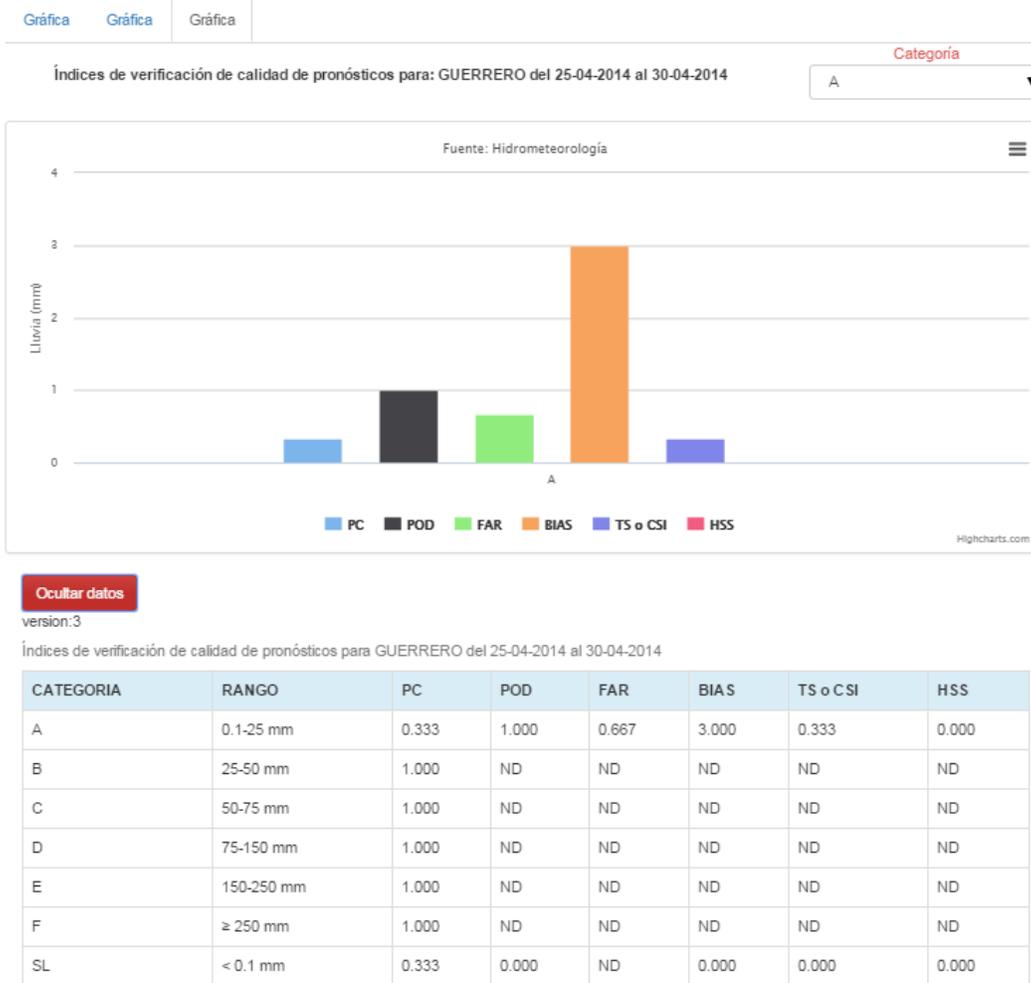


Figura 41 Grafico de barras y tabla informativa del resultado de verificación

Estudios de caso

VERIFICACIÓN DE PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA QUE EMITIÓ EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL DEL 06 AL 11 DE OCTUBRE DEL 2014.

En la tabla se muestran los valores de lluvia máxima observada vs. lluvia máxima pronosticada para el período del 06 al 11 de octubre del 2014. Tanto el pronóstico como lluvia observada se dan en una escala de 7 rangos de precipitación o 7 categorías de lluvia de acuerdo a la clasificación que aplica el Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla. - Resultados de conteo de eventos de lluvia observados vs. pronosticados de acuerdo al rango de su intensidad: período de verificación 06 - 11 de octubre del 2014.

		OBSERVADO							Tot_P
		A	B	C	D	E	F	SL	
PRONOSTICADO	A	14	7	1	0	0	0	20	42
	B	6	10	14	2	1	0	11	44
	C	4	8	15	4	0	0	3	34
	D	2	4	10	1	2	1	2	22
	E	0	6	5	2	4	3	2	22
	F	0	0	0	0	0	0	0	0
	SL	1	1	1	0	0	0	25	28
Tot_O		27	36	46	9	7	4	63	192

Porcentaje correcto de pronósticos realizados para todas las categorías de precipitación máxima más eventos sin lluvias es igual a 36% (Ec. 11).

$$PC = \frac{14+10+15+1+4+0+25}{192} = 0.36 \dots(11)$$

Para estimar la calidad de los pronósticos a escala nacional, seleccionados al azar del 06 al 11 de octubre del 2014, se construyeron las tablas de contingencia para cada rango de precipitación (Ver Tabla 7).

Tablas de contingencia construidas para siete categorías de lluvia máxima observada vs pronosticada para el período del 06 al 11 de octubre. Fuente: Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional,

CATEGORÍA A	O	NO	TOT_P
P	14	28	42
NP	13	137	150
TOT_O	27	165	192

CATEGORÍA B	O	NO	TOT_P
P	10	36	46
NP	26	120	146
TOT_O	36	156	192

CATEGORÍA C	O	NO	TOT_P
P	15	19	34
NP	31	127	158
TOT_O	46	146	192

CATEGORÍA D	O	NO	TOT_P
P	1	21	22
NP	8	162	170
TOT_O	9	183	192

CATEGORÍA E	O	NO	TOT_P
P	4	18	22
NP	3	167	170
TOT_O	7	185	192

CATEGORÍA F	O	NO	TOT_P
P	0	0	0
NP	4	188	192
TOT_O	4	188	192

CATEGORÍA SL	O	NO	TOT_P
P	25	3	28
NP	38	126	164
TOT_O	63	129	192

Aquí, O es el número de veces de precipitación máxima observada y NO es el número de veces de lluvia no observada de acuerdo a la categoría de interés. P es el número de veces de precipitación máxima pronosticada y NP es el número de veces de precipitación máxima no pronosticada de acuerdo a su categoría de interés. Así como TOT_O es el número de veces de precipitación máxima observada y no observada, y TOT_P es el número de veces de precipitación pronosticada y no pronosticada de acuerdo a la categoría de interés.

Basándose en las ecuaciones 1 – 9 se calcularon los índices de calidad de pronóstico para el período de interés

Tabla 8. Resultados de evaluación de los pronósticos de precipitación máxima a 24 horas emitidos del 06 al 11 de octubre del 2014.

CATEGORÍA	RANGO	PC	POD	FAR	BIAS	TS o CSI	HSS
A	0.1 - 5 mm	0.786	0.519	0.667	1.556	0.255	0.283
B	5 – 19.9 mm	0.740	0.278	0.783	1.278	0.139	0.042
C	20 - 49.9 mm	0.740	0.326	0.559	0.739	0.231	0.215
D	50 – 69.9 mm	0.849	0.111	0.955	2.444	0.033	-0.002

E	70 – 149.9 mm	0.891	0.571	0.818	3.143	0.160	0.233
F	≥ 150 mm	0.979	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SL	< 0.1 mm	0.786	0.397	0.107	0.444	0.379	0.435

DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL CASO DE ESTUDIO

A pesar que el porcentaje correcto de eventos de lluvia más eventos “sin lluvia” pronosticados oscila entre 74 y 85%, el análisis de resultados de pronóstico de precipitación vs observada por categoría es bastante pobre, y tiende a mostrar una sobre pronosticación de número de lluvias, así como sus intensidades: $BIAS_A=1.556$, $BIAS_B=1.278$, $BIAS_D=2.444$ y $BIAS_E=3.143$, mientras los eventos de categoría C, más frecuentes a escala nacional, se subestiman en los pronósticos de la CGSMN.

El porcentaje de *Falsa Alarma* para categoría A es de 67%, para B es de 78%, para C es de 56%, para la categoría D es de 96%. Solo para eventos extremos de precipitación con una intensidad de 150.0 mm a mayor no existe un sobre pronóstico, sin embargo, hay 4 eventos “perdidos” (100%) o no pronosticados. El coeficiente *B* o *Bias* es igual a 0, igual el índice de *HSS*, es decir no se tiene habilidad de pronosticar este tipo de eventos extremos de baja frecuencia.

CONCLUSIONES

Dentro del proyecto se cumplió con el objetivo ya que este debería que quedar funcionando de manera operativa, es decir, automatizado sin la intervención humano para que dicha verificación no sea manipulada y los resultados sean los arrojados con dicha evaluación.

El de suma importancia que este tipo de herramientas se instalen en instancias operativas ya que permiten detectar las posibles mejoras en los pronósticos y cada día ser más certeros en los mismos, sin embargo, en la actualidad el Servicio Meteorológico no cuenta con sistemas de esta naturaleza al menos no operativos y que sean públicos sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (26 de NOV de 2014). Obtenido de: <http://www.aemet.es/es/portada> Clima y tiempo del Sur de Sudamerica. (19 de nov de 2014).

VERIFICACION REGIONAL DEL PRONOSTICO DEL TIEMPO. Obtenido de: <http://www.meteocean.com.ar/>; <http://www.meteocean.com.ar/Tiempo/evaluaLocalidades-00.php>

Deutscher Wetterdienst . (26 de nov de 2014). Obtenido de: Servicio Meteorologico de Alemania: www.dwd.de

Ebert, B. (2009). 4th Int'l Verification Methods Workshop. Methods for verifying spatial forecasts, 64 pp. Helsinki: Centre for Australian Weather and Climate Research (CAWCR).

Gangsto, R. W. (2012). Methodological aspects of the evaluation of decadal predictions. Clim. Res. 55, 181-200. Jolliffe&Stephenson. (2003). Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. 247 pp. Sussex, England: Wiley.

Murphy, A. H. (1993). What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. Wea. Forecasting, 8, 281-293.

Stephenson, D. B. (April de 2000). Use of the "Odds Ratio" for Diagnosing Forecast Skill, Volume 15, 221-232 pp. Toulouse, France: American Meteorological Society.

Thornes&Stephenson. (2001). Meteorol. Appl. 8. How to judge the quality and value of weather, 307-314 pp. Birmingham, UK.

The Atmospheric Model Evaluation Tool. K. Wyatt Appel and Robert C. Gilliam. 9th Modeling Conference, RTP, NC. October 10, 2008. EPA United Kingdom's national weather service, Met Office. (27 de nov de 2014)