

SISTEMA EXPERTO EN EL TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN DE SENSORES PARA VISUALIZACIÓN DE ALERTAS.

Autores – Jefferson Vinicio RUIZ FUEL, Ing Jaime Roberto MICHILENA CALDERÓN, MSc.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Ecuador

jvruizf@utn.edu.ec, jrmichilena@utn.edu.ec

Resumen – El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema experto en el tratamiento de información de sensores para visualización de alertas, el cual será aplicado para combatir incendios forestales dentro del bosque protector Guayabillas de la ciudad de Ibarra, con el propósito de servir como sistema de alerta temprana y evitar que afecte a la flora y fauna existente en la zona intervenida, así como también la propagación hacia zonas urbanas.

Para la realización de este proyecto se tomaron en cuenta diferentes estudios de los cuales se obtuvo rangos de tolerancia y factores de sensibilidad de sensores para realizar una toma de datos efectiva, y poder analizar el entorno en rangos de tiempo específico de 30 segundos, y generar alertas al realizar una comprobación de 3 periodos equivalente a 1 minuto y 30 segundos, estos datos son almacenados en tablas las cuales pueden consultarse y organizarse dependiendo de las necesidades existentes para la realización de un informe forestal especializado.

Los datos provenientes del bosque protector serán almacenados en una base de datos MySQL, desde donde el sistema experto se encarga de verificar, almacenar y comparar esta información y presentarla en una interfaz amigable generando alertas visuales y auditivas para evitar inconvenientes, de interpretación.

Posterior a la notificación de alerta generada por el sistema, el encargado de monitoreo toma comunicación con el Sistema Integrado de Seguridad (ECU 911), desde donde se gestiona el correcto despliegue de los organismos de socorro, sea el caso preventivo o accionario, dependiendo del estado en el cual se encuentre sometida la zona.

I. INTRODUCCIÓN

La El proyecto pretende brindar la normalización de base de datos, el procesamiento, y la visualización de información obtenida por una red WSN. Para lo cual se revisará la bibliografía existente referente a sistemas expertos para adquisición de datos, y su correcta toma de decisiones en sistemas de alerta temprana.

Realizando un estudio del estado del arte determinar cuáles son las características básicas que los sistemas expertos brindan al

usuario, para poder tomar como punto de partida estos servicios y mejorarlos, haciendo que estos se adapten a nuestro caso de

estudio, y sirvan de forma efectiva para sistemas de alerta temprana.

Mediante la normalización de base de datos, identificar las variables necesarias a ser aplicadas para evitar la redundancia de datos y proteger la integridad de los mismos. Ubicándolos de manera efectiva en una base de datos donde serán almacenados previo a su procesamiento por el sistema experto, mediante la lógica de negocio.

Por medio de la lógica de negocio generar el procesamiento de datos recabados y almacenados, para determinar cómo esta información puede ser creada, analizada y mostrada a los usuarios, aplicando codificación de las reglas para generar alertas, procesarlas y enviarlas al administrador del sistema para su correcta utilización. Al ser un sistema de alerta temprana las alertas deberán ser generadas al detectar cambios bruscos en los valores normales de funcionamiento, generando con esto un umbral de tolerancia.

Mediante la aplicación del estándar IEEE 29148, se utilizará la metodología para la determinación del software más idóneo para la plataforma. El estándar contiene disposiciones para los procesos y los productos relacionados con la ingeniería, así como los requisitos para los sistemas, productos de software y servicios [1].

Se evaluará su funcionamiento, en cuanto a tiempos de envío de alerta y saturación del sistema, cumpliendo con requisitos mínimos para la correcta aplicabilidad tomando en cuenta que será aplicado a sistemas de alerta temprana donde los tiempos de reacción son de suma importancia.

El envío de alertas de manera apropiada es de mucha importancia para los organismos de socorro. Ya que si estos organismos son informados a tiempo pueden generar de manera oportuna maniobras operativas para mitigar los daños que podrían ocasionarse.

Se analizará la factibilidad tecnológica presente en el proyecto basado en software libre, para saber si cumple con los

requerimientos de procesamiento de gran cantidad de información, brindando las garantías necesarias para su utilización.

Serán evidenciadas las debidas conclusiones y recomendaciones, encontradas en la realización del sistema. Para poder con esto comprobar su aplicabilidad en el sistema de alerta temprana para el bosque protector Guayabillas.

II. DESARROLLO DEL CONTENIDO

Sistema experto

Sistema experto es un programa informático creado para resolver problemas complejos en un dominio específico, cuyo principal propósito es reproducir las capacidades de razonamiento utilizadas por un especialista en la solución de un problema particular, la idea de creación de estos sistemas es el dominio de información para la toma de decisiones en casos concretos, simulando el diagnóstico de un experto en base a su conocimiento, esto ha venido siendo desarrollado desde los años 70, en donde se dio cabida a la Inteligencia artificial[2].

La toma de decisiones es la base primordial en un sistema experto, cuya función es responde a preguntas y problemas en tiempo real sin que un especialista tenga que ser involucrado, por tal motivo, su implementación es indispensable en sistemas de alerta temprana.

Componentes de sistemas expertos:

Base de conocimiento: Está basada en el conocimiento y dominio de un área en específico, Se requiere que los datos a mostrar dependan en gran manera a la recopilación de información exacta y fiable.

Máquina de inferencia: El uso de reglas específicas y eficientes, hacen que el motor de inferencias sea esencial en la resolución de problemas sin defectos. Se encarga de la resolución de normas en conflicto dado cuando diferentes reglas aplican a un caso particular.

Interfaz de usuario: La interfaz de usuario va a interactuar directamente con el encargado de la monitorización y visualización de alertas. El usuario no debe ser necesariamente un experto en inteligencia artificial o en un área específica ya que el motor de inferencias será el encargado de generar los cálculos.

Sistema de alerta temprana.

Sistema encargado del monitoreo y envío de alertas, el mismo por medio de la información recibida de los diferentes instrumentos encargados de la recolección de datos, es capaz de procesar y ofrecer un diagnóstico en tiempo real para evitar posibles daños y efectos que puedan alterar el medio donde se encuentra aplicado, millones de personas alrededor del mundo han logrado sobrevivir y salvar sus recursos materiales, gracias a la respuesta oportuna proveniente de dicho sistema,

permitiendo que los organismos encargados pueden actuar con eficacia.[3].

Estado del arte.

Con el desarrollo de las diferentes tecnologías hoy en día un punto importante es la recolección y análisis de la información que puede ser suministrada por los diferentes medios en desarrollo, por lo que es necesario contar con plataformas de monitoreo que brinden las capacidades suficientes para un correcto estudio y toma de decisiones.

Esta información puede tener varios fines, entre los que se encuentra la representación visual de los datos, la conservación y almacenamiento para un análisis posterior.

Al contar con plataformas multilenguaje, da una pauta para pensar en los aplicativos mirando hacia ciudades inteligentes, y mejorar el estilo de vida de las personas que habitan en este entorno. Estos aplicativos con sensores pueden tomar los datos ambientales y procesarlos para tomar las acciones necesarias.

III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Propósito del sistema experto

La propuesta presentada se basa en el desarrollo de un sistema experto basado en plataformas de internet de las cosas, con la finalidad de enfocarse al sistema de alerta temprana desplegado en el bosque protector Guayabillas, donde los datos almacenados no cuentan con un sistema de monitoreo y visualización en tiempo real

El sistema experto pretende determinar rangos de valores específicos, los cuales serán mostrados en forma de alertas, asumiendo el rol de un especialista en el área, estos datos recabados serán expuestos gráficamente, a un operador que sin tanto conocimiento podrá interpretar y ayudar en la difusión de los problemas generados.

El estudio se encuentra basado en los requerimientos que el entorno requiere, tomando desde la normalización de una base de datos donde las variables, temperatura, humedad relativa, dióxido de carbono, radiación, humo, son almacenadas de forma tal que no exista una confusión y entre ellas pueden ser mezcladas para generar alertas procesadas.

Descripción General

Para su correcta integración los datos son recolectados en un nodo central que se encuentra dentro del bosque protector Guayabillas, desde donde son enviados hacia la Universidad Técnica del Norte, por medio de un radio enlace que conecta Loma de Guayabillas - La Esperanza – Universidad Técnica del Norte.

El punto del enlace en la UTN llega a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), donde se cuenta con un centro

de datos ubicado en la planta baja donde será el punto de almacenamiento de los datos que se encuentran siendo recabados por los sensores dentro del entorno estudiado.

Normalización de la base de datos

La normalización de base de datos hace referencia a la organización de los datos obtenidos para evitar que existan redundancias, se incluye también la creación de tablas adecuadas a las necesidades para que tengan una mejor interpretación, así como también se pueda generar una relación entre ellas, diseñadas específicamente para el caso de estudio.

La redundancia puede incurrir en el excesivo uso del espacio de almacenamiento, y crear cierto tipo de problemas, tanto de mantenimiento como de interpretación, existen reglas que deben ser cumplidas en la normalización de la base de datos [4].

Estructura de la base de datos

Se considera los campos involucrados donde no existe redundancia de los datos y el sistema puede generar alertas de acuerdo a sus respectivos valores obtenidos en cada uno de sus sensores.

Nodo	1	2	3	4	5
	Temperatura	Humedad Relativa	Dióxido de carbono	Radiación	Presencia de Humo
Nodo 1	28°C	40%	360 ppm	No	No

Tabla 1 Muestra la normalización de la base de datos.

Sistemas e ingeniería de software, basado en el estándar ISO/IEC/IEEE 29148-2011

La norma internacional ISO/IEC/IEEE 29148-2011 es la encargada de realizar la organización de procesos unificados que intervienen en el desarrollo de un sistema de ingeniería de acuerdo a su ciclo de vida y elección de software basado en requerimientos específicos [5]:

Interfaz

El encargado podrá acceder al sistema mediante un navegador el cual tendrá un acceso local si se encuentra dentro de la red o de forma externa mediante la internet, dentro de la plataforma se encuentra con una interfaz amigable, que ayuda con la experiencia de uso.

De acuerdo con la teoría del color la elección del mismo en un diseño web, es una de las partes principales ya que es donde el usuario permanecerá la mayor parte del tiempo, por tal motivo se busca que sea simple y no resalten colores fuertes que permitan la desconcentración dependiendo del caso donde se encuentre expresado [6].

La utilización del color blanco como fondo de la pantalla denota luz, tecnología, pureza y verdad, también considerado como el color de la perfección ya que su utilización brinda al usuario la sensación de encontrarse en un entorno amigable y sobrio, permitiendo que la concentración sea positiva y no resulte cansado para la vista de quien se encuentra operando el sistema, buscando también la perfecta fusión entre los colores que formen parte de la misma paleta para las funciones que acompañan al sistema dentro de su página, siendo estos los colores azules claros, los mismos que acompañados del blanco fijan la mirada en la parte principal del sistema [7].

Requerimientos de usabilidad

Garantiza al usuario que el sistema experto será capaz de brindar requerimientos como lo son fiabilidad, precisión, seguridad y facilidad de acceso a los datos recabados por medio del uso de la plataforma de monitoreo, de la misma forma garantizar el acceso en tiempo real a los valores almacenados en la base de datos de cada uno de los nodos existentes.

Requerimientos de rendimiento

El rendimiento y la disponibilidad del sistema serán permanentes en el tiempo, con la facilidad de brindar escalabilidad en cuanto a nodos implementados según las necesidades existentes en el bosque protector Guayabillas.

Requerimientos de requisitos de base de datos lógica

Optimizar el diseño implementado en la base de datos, con normalización para el correcto manejo de los datos almacenados, y garantizar que ante varias consultas simultáneas no se vea afectada en cuanto a su rendimiento.

Restricciones de diseño

Para su verificación de las diferentes alertas el sistema debe encontrarse encendido y la página de monitoreo abierta. El correcto funcionamiento del sistema depende en su totalidad de los datos ingresados por la WSN implementada en el bosque protector Guayabillas, y su enlace inalámbrico desplegado para su recepción en la Universidad Técnica del Norte.

Los datos que ingresan al sistema experto provenientes de la WSN deben llegar en conjunto de acuerdo a su nodo, ya que la base de datos registra el nombre del nodo, la fecha y la hora además de cada una de las variables como lo son temperatura, humedad relativa, dióxido de carbono, humo y radiación. Caso contrario el sistema no podrá reconocer los valores en el mismo tiempo y generar problemas en cuanto a la generación de las diferentes alertas y diagramas históricos.

Restricción notificación

Dentro de las restricciones de diseño, se encuentra que el despliegue de los organismos de socorro, como lo son

bomberos, policía nacional, cruz roja, no pueden ser notificados por ningún medio escrito, ya sea este mensaje de texto, correo electrónico, o llamada pre grabada.

Por tal motivo para este tipo de desarrollos externos con gran impacto existen dos formas de realizar la notificación, siendo totalmente válidas y los organismos de socorro podrían desplegarse inmediatamente, a continuación, se especifica cada una de las formas de notificación.

La primera en la cual el sistema integrado de seguridad ECU-911 realiza la instalación de botones de pánico los mismos que deben ubicarse en sitios estratégicos, para el presente desarrollo el botón se encontraría dentro del centro de monitoreo y al alcance del personal encargado, este sistema funciona mediante la tecnología GPRS, la cual permite sectorizar la alerta e identificar de manera inmediata el lugar donde se suscita la emergencia, por tal motivo los operadores del ECU-911 procederán a realizar una llamada para validar la información.

La segunda para evitar incurrir en errores, se realiza por medio de una llamada al sistema integrado de seguridad ECU-911 con su línea única 911 donde se debe proporcionar cierta información personal para la verificación de identidad de la persona que se encuentra realizando la llamada, y posteriormente dar los datos para el despliegue de los organismos.

Suposiciones y dependencias

Se supone que el servidor donde se encuentra alojado el sistema experto tiene una disponibilidad operativa de 7 días a la semana y 24 horas al día.

Se supone que el enlace inalámbrico se encuentra operativo y sin restricciones para su correcto transporte de datos sin incurrir en saturación del canal de transmisión.

Depende de los organismos encargados el correcto despliegue del personal ante cualquier tipo de emergencia suscitada.

Sistemas e ingeniería de software, basado en el estándar ISO/IEC/IEEE 42010.2011.

Descripción de la arquitectura en concepto

El software implementado para el sistema experto consta de un servidor web apache y una base de datos MySQL alojados en un servidor de software libre, que permite al usuario acceder de forma segura mediante la autenticación de usuario y contraseña, para visualizar en tiempo real las diferentes variables implementadas, el acceso se realiza mediante un navegador web.

Los datos recabados por cada uno de los nodos en la WSN son receptados en un nodo central ubicado en el bosque protector Guayabillas, de donde mediante un enlace inalámbrico serán enviados a la Universidad Técnica del Norte, donde serán almacenados en una base de datos normalizada en el servidor,

los mismos son procesados e interpretados mediante condiciones establecidas, que garantizan el correcto manejo de alertas contribuyendo con el sistema de alerta temprana

Stakeholders y sus roles

Se refiere a los encargados del sistema quienes se encuentran principalmente trabajando con la visualización de las alertas, para su interpretación y toma de decisiones ante cambios bruscos de las variables implementadas.

El encargado debe realizar las siguientes acciones detalladas a continuación para el despliegue de los organismos de socorro.

- Reconocer el nodo exacto de la alerta
- Llamar al ECU-911
- Brindar el soporte básico

Estos pasos serán realizados por el encargado del sistema siempre que se presente una emergencia comprobada ya que de lo contrario se podría incurrir en sanciones legales. Desde el centro integrado de seguridad se encargan de gestionar a los organismos de socorro, y la verificación de su pronta respuesta ante la emergencia, sea esta preventiva o accionaria.

Vistas de arquitectura.

Representa una vista parcial de las propiedades específicas que se encuentran en el sistema, contiene de manera simplificada una muestra de las características implementadas y sus respectivas conexiones de acuerdo al tipo de información que se encuentra almacenada.

Vistas	UML
Lógica	Entidad – Relación
Procesos	Secuencia
Desarrollo	Componentes
Física	Despliegue
Escenario	Caso de uso

Tabla 2 Vistas de arquitectura presenten en el desarrollo.

Performance

La presente arquitectura se basa en los requerimientos establecidos para proporcionar un registro de datos provenientes de la WSN ubicada en el bosque protector Guayabillas, así como también la consulta y notificación de los mismos.

El sistema experto podrá soportar usuarios simultáneos

El sistema se encarga de la presentación de datos en un tiempo de 30 segundos, con lo que se busca un monitoreo en tiempo real que sirva para la generación de alertas, y contribuir con sistema de alerta temprana.

La plataforma brinda seguridad en cada una de sus etapas protegida por medio de usuario y contraseña.

Lenguajes y plataformas

La lógica de diseño aplicada en el sistema experto se encuentra basada en un lenguaje de programación orientado a objetos, sin encontrarse inmerso en condiciones que apliquen restricciones, se diseñó un sistema adaptable al caso de estudio, sistema de alerta temprana contra incendios forestales, que brinde la capacidad de crecimiento de acuerdo a las necesidades del entorno fuera del alcance de este proyecto.

El entorno de desarrollo integrado y libre para este proyecto fue en base a la utilización de un Framework que simplifica la implementación de la aplicación, de acuerdo a los requerimientos planteados anteriormente en la elección del software, se optó por NetBeans y su lenguaje de programación Java el cual, mediante la integración de módulos, brinda al usuario diferentes características que pueden actualizarse dentro de la misma interfaz de la aplicación.

Así como también la utilización de jsf que permite el diseño de sistemas web, que brinden seguridad, eficiencia, y fluido despliegue de funciones. Ya que su codificación resulta en gran medida robusta en el back end. Y genera que toda la lógica del negocio sea implementada en Java.

Rango de tolerancia.

Variable ambiental	Valores normales	Valores alerta	Valores emergencia
Temperatura	0 - 30	31 - 50	51 – adelante
Humedad relativa	30 - adelante	21 - 30	0 – 20
Dióxido de carbono	0 - 999	1000 – 1500	1501 – adelante
Humo	NO	-	SI
Radiación	NO	-	SI
- No existe valor			

Tabla 3 Se muestra los rangos de tolerancia presente en cada uno de los sensores.

Condiciones extras.

Las condiciones ayudan al encargado del sistema en la manipulación de las variables obtenidas por la WSN dichas condiciones deben cumplir características para que su funcionalidad entre en acción.

Condiciones	Valores normales	Valores alerta	Valores emergencia
Condición 1	NO	-	SI
Condición 2	NO	-	SI
Condición 3	NO	-	SI
- No existe valor			

Tabla 4 Se muestra las condiciones que generan alertas extras en el sistema.

Los valores establecidos para que cada una de las condiciones genere su estado de emergencia se reflejan en la Tabla 5, proporcionando un mayor estado de alerta cuando las condiciones se vuelven extremas.

Alerta condicionada	Temperatura > 50°	Humedad < 20%	Dióxido de Carbono >1501 ppm	Humo = Si	Radiación = Si
Condición 1	X	X	X	X	X
Condición 2	X	X	X	-	-
Condición 3	X	-	-	X	-
X Cumple			- No cumple		

Tabla 5 Valores condiciones extras.

Elección del Hardware.

Para realizar la elección del hardware se revisa, las características que deben ser cubiertas, para solventar el software a ser implementado en el desarrollo del sistema experto, como equipo según lo establecido, se opta por la utilización de un computador que debe cumplir con lo siguiente:

- CPU AMD o Intel con procesamiento 2 GHz

- Memoria ram 4 GB, 64 bits.
- Almacenamiento 500 GB
- Tarjeta de sonido y parlantes
- Monitor 15 pulgadas
- Tarjeta de red.

IV. PRUEBAS DEL SISTEMA

Las pruebas a realizarse para el sistema experto, serán ejecutadas de manera controlada en forma de ensayo de laboratorio, debido a que de esta manera se establece un escenario optimo con la finalidad de conocer la forma en la que reacciona el sistema frente a cambio en cada una de las variables.

Se debe aclarar que cada una de las variables a ser ingresadas en el sistema, será de forma manual, directamente a la base de datos para tener la capacidad de realizar cambios bruscos y poder demostrar el correcto funcionamiento de todo el sistema frente a cada rango de tolerancia.

Almacenamiento de datos.

Para el almacenamiento de datos se utiliza una base MySQL a la que se ingresa mediante el administrador phpmyadmin para su respectivo manejo, configuración y asignación de usuarios, esta base de datos tiene la capacidad de permitir el ingresar de valores de forma manual para su demostración de laboratorio como puede ser apreciado en la Figura 16, el ingreso se lo realiza por medio del navegador web donde se digita la siguiente dirección: <http://127.0.0.1/phpmyadmin/>

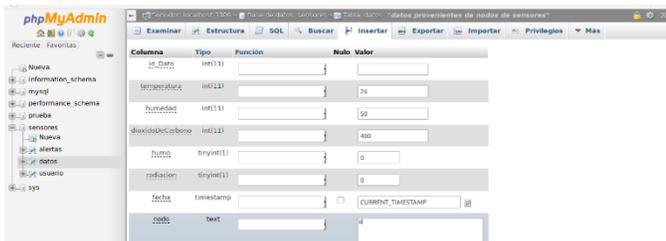


Figura 1 Vista principal de base de datos, donde se ingresaran los datos de forma controlada.

La base de datos permanecerá siempre encendida siempre y cuando el equipo donde se encuentra almacenada permanezca activo, garantizando así que los datos provenientes del nodo ubicado en el bosque protector Guayabillas están siendo almacenados de manera de forma continua.

En el análisis realizado por [8]: “Benchmark de selección de sensores para una WSN de recolección de datos para un sistema de alerta temprana de incendios forestales”, los tiempos de respuesta de cada uno de los sensores varía en un rango que comprende los 10 - 30 segundos, donde cada sensor toma sus lecturas de forma independiente.

Para el caso de recepción de esta información se toma el valor más alto en el tiempo que sería de 30 segundos, para que así el nodo tenga la posibilidad de realizar ciertas medidas antes de su envío al sistema y se proceda a su almacenamiento.

Para cubrir el caso en donde exista presencia de viento, los datos pueden tardar hasta 57 segundos para conseguir ser detectados de manera correcta y mostrar valores de alerta, por tal motivo se realiza una comprobación de datos ingresados antes de la notificación de alerta, para no incurrir en alarmas erróneas.

Dado el caso hipotético que llegase información de 2 nodos o más al mismo tiempo a la base de datos, esta información será almacenada en el búfer de la memoria ram y posteriormente integrada al azar en el campo correspondiente [9].

Capacidad de almacenamiento y saturación.

Dentro de las capacidades del sistema es indispensable conocer cuál será el almacenamiento necesario, para poder dimensionar y brindar una solución adaptable a cambios, sin incurrir en costos adicionales a futuro.

Columna	Tamaño o en bytes	Número de campos	Bytes de sobrecarga	Tamaño o en bytes
Cabecera para fila	29	1	1	29
Byte por campo	2	6	1	12
Nvarchar	25	6	1	150
Sobrecarga	-	-	6	-
TOTAL			9	191

Tabla 6 Muestra la capacidad de almacenamiento en base de datos

El tamaño total de cada fila en la tabla se realiza con la suma de los bytes totales y los bytes de sobrecarga (191 + 9) de acuerdo con los datos de la Tabla 20, dando un valor por cada fila de 200 bytes, si los datos van a ser almacenados cada 30 segundos, en 1 año se tiene un número de filas 1051200 [11].

En este punto se realiza la multiplicación del tamaño de cada fila por el número de filas en 1 año (200 * 1051200) dando como resultado 210240000 bytes. La conversión a megabytes (MB), dando un valor de base de datos 210.24 MB aproximadamente, por cada tabla.

Saturación.

Como se encuentra planteado los datos vendrán desde la WSN ubicada en el bosque protector Guayabillas, la llegada de estos datos puede incurrir en saturación del sistema cuando varios de estos valores lleguen en el mismo instante de tiempo, parte de la forma de evitar este problema viene desde el establecimiento de un protocolo que actúa para enviar cada cierto instante de tiempo los datos recabado por cada nodo, pero desde el punto de vista de la plataforma se verifica los valores de acuerdo a los datos mostrados a continuación.

Las tramas enviadas por el enlace inalámbrico cuentan con un formato que consta de 20 paquetes TCP de 480 bits cada uno y un paquete HTTP de 1936 bits, dando un total de 11536 bits lo que es equivalente a 1,442 kbytes, por cada trama, considerando que el tiempo de duración es de 1 segundo y se envía las 5 variables planteadas temperatura, humedad, dióxido de carbono, humo y radiación [12]:

Tomando en cuenta cada uno de estos datos, la trama que llega al sistema y va a ser almacenada de forma temporal en la memoria RAM antes de ingresar al sistema es de 1,442 kbytes por este motivo la cantidad de conexiones será limitada por la memoria, encontrando almacenadas en esta misma distintos buffers, pools, caches, el código de ejecución y el sistema operativo.

Aproximadamente ocupa 2 GB de la memoria RAM, sumando cada uno de los componentes mencionados, por lo que se cuenta con 2 GB para las conexiones dando un límite de conexiones posible de 1386963 conexiones soportadas por la memoria [13].

Sistema de monitoreo

Acceso al sistema

Previo al ingreso al sistema experto el usuario debe contar con los siguientes requisitos indispensables que garantizan la seguridad en cuanto a la visualización de la información.

Contar con acceso a un dispositivo Smart (Smartphone, Tablet, PC, Smart Tv etc.) Que posea la capacidad de abrir un navegador web sea este (Firefox. Chrome. Opera, Edge, etc.), Para el correcto acceso el usuario debe encontrarse dentro de la red local o en su caso a través de internet para una visualización remota del sistema experto.

Tener actualizados los complementos Java, Adobe flash player de acuerdo al navegador a utilizar, y los diferentes complementos gráficos necesarios dependiendo del dispositivo en el que vaya a ser visualizada la interfaz.

Ingresar mediante el navegador web la siguiente dirección URL, donde se direcciona a la plataforma del sistema. [Http://sistemaexpertoutn:8080/index.xhtmll](http://sistemaexpertoutn:8080/index.xhtmll)

Autenticación.

Se realiza la autenticación por medio del ingreso de un usuario y contraseña previamente asignados.



Figura 2 Pagina de autenticación sistema experto

Interfaz de monitoreo.

Una vez realizada la autenticación se permite el ingreso a la página principal donde se encuentran mostrados los valores del último nodo que ingreso al sistema.

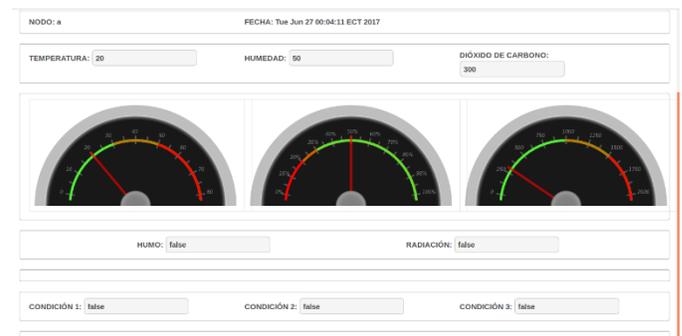


Figura 3 Pantalla principal sistema de monitoreo.

Alarmas.

Las alarmas es la parte primordial en el sistema ya que serán las encargadas de notificar al administrador la existencia de cambios de brusco en el entorno aplicado, sobrepasando los niveles establecidos, con la capacidad de identificar el tipo de alarma que se ha producido ya que se muestran los valores de forma textual y gráfica.



Figura 4 Alertas generadas por el sistema experto.

Consulta historial datos recabados.

El sistema se encarga de realizar el almacenamiento de los diferentes valores que son ingresados a la base de datos y poderlos presentar de forma clara para realizar informes de acuerdo a los datos relevantes y distintas mediciones, para su interpretación técnica, estos valores sirven para la toma de decisiones en cuanto a acciones de prevención y futuro plan de contingencia, el sistema permite filtrar cada uno de los datos de acuerdo a las necesidades del encargado en su revisión.

ID	Temperatura	Humedad	Dióxido de carbono	Humedad	Radiación	Fecha	Nodo
1	28	34	300	false	false	Tue Jun 20 13:37:54 ECT 2017	a
2	60	10	1800	true	true	Tue Jun 20 14:12:27 ECT 2017	b
3	60	10	100	false	true	Tue Jun 20 14:17:10 ECT 2017	c
4	60	10	100	false	true	Tue Jun 20 14:25:09 ECT 2017	c
5	60	10	100	false	true	Tue Jun 20 14:28:20 ECT 2017	c
6	60	10	100	false	true	Tue Jun 20 14:28:51 ECT 2017	c
7	13	27	1053	true	true	Wed Jun 21 18:13:47 ECT 2017	a
8	50	40	400	true	true	Wed Jun 21 18:37:28 ECT 2017	c

Figura 5 Historial de datos.

Consulta historial alarmas.

El sistema cuenta con la capacidad de comprobación de cada uno de los valores ingresados para evitar problemas en cuanto a la generación de las llamadas erróneas y posibles complicaciones legales. Por tal motivo el sistema informa de manera gráfica y auditiva, que llegó un valor que posiblemente genera emergencia, a esto el sistema espera los siguientes 2 datos para comprobar si la alerta es verdadera, en el transcurso de 1 minuto y 30 segundos al comprobarse que los 3 valores marca emergencia se guarda la alarma en la base de datos.

Esta validación de información se genera ya que como se especificó anteriormente, si existe presencia de vientos en la zona los datos pueden variar abruptamente, y tomar un tiempo prudencial de 57 segundos para la toma correcta de valores, lo que incurre en error si los datos son enviados cada 30 segundos. Así como también por tratarse de un medio inalámbrico el utilizado para el envío de información hacia la UTN cabe la posibilidad de que exista interferencia electromagnética la cual podría generar algún tipo de alteración a los datos recabados.

ID	Temperatura	Humedad	Dióxido de carbono	Humedad	Radiación	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Fecha	Nodo
1	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:28:53 ECT 2017	c
2	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:28:50 ECT 2017	c
3	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:30:04 ECT 2017	c
4	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:30:09 ECT 2017	c
5	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:30:13 ECT 2017	c
6	60	10	100	false	true	false	false	false	Tue Jun 20 14:30:21 ECT 2017	c

Figura 6 Historial de alarmas.

Factibilidad técnica o tecnológica.

El sistema experto cumpliendo con el apoyo al sistema de alerta temprana contra incendios forestales, ubicado en el bosque protector Guayabillas, se encuentra basada en software libre mediante la utilización de la distribución Linux en su versión Ubuntu 16,04, sobre el que será desarrollado en el lenguaje de programación java en la plataforma NetBeans, así mismo una base de datos desarrollada en MySQL con el administrador Phpmysqladmin.

El software utilizado se basa en plataformas de libre desarrollo con el cual se puede implementar diferentes tipos de aplicaciones ya sea de escritorio o a su vez en entornos web, de acuerdo a las necesidades del entorno, estas plataformas pueden encontrarse en internet con la facilidad de realizar la descarga de forma gratuita.

Al ser Java considerada una de las plataformas más seguras brinda al desarrollador la capacidad de utilidad de procesos ordenados en el desarrollo y posterior publicación [16].

Hardware.

El presente desarrollo será llevado a cabo en una computadora portátil HP Pavilion 15 AMD A10-5745M con 8,0 GB de memoria ram, y con la disponibilidad de 100 GB para almacenamiento de datos, cumpliendo con las capacidades necesarias para la implementación y su correcta ejecución del aplicativo.

Factibilidad económica.

Recursos	Cantidad	Precio \$	Subtotal \$
Análisis	1	500	500
Desarrollo	1	1000	1000
Implementación	1	500	500
Documentación	1	500	500
Total			2500

Tabla 7 Recursos Humanos, los valores fueron tomados de profesionales expertos en el área.

Al ser un sistema desarrollado en plataformas libres y locales se controla el crecimiento considerando las necesidades del entorno sin verse limitado en número de nodos, generando así la principal ventaja frente a plataformas IoT desarrolladas y puestas en la nube en las cuales el crecimiento es muy costoso.

Detalle	Subtotal
Equipo	\$730 [22]
Licencias	\$0
Recursos Humanos	\$2500
Total	\$3230

Tabla 8 costos de inversión

Factibilidad operativa.

El sistema va dirigido al encargado de monitoreo ya que será quien se encuentre en la capacidad de interpretación de las diferentes alertas generadas, para su correcta utilización, los conocimientos son básicos de linux ya que la mayor parte será generada dentro de la plataforma la misma es intuitiva y amigable con el usuario.

Resultados de factibilidad.

Como puede especificarse en cada uno de los ítems anteriores, tanto la factibilidad técnica, económica y operativa resultaron favorables en cuanto a su correcto despliegue del sistema. El resultado final brinda las capacidades inicialmente planteadas y su utilidad será de mucha importancia para la mitigación de incendios forestales a gran escala, lo que será de ayuda para los organismos de socorro encargados, con gran contribución ambiental. Así como también cumple con las funciones planteadas inicialmente en cada uno de los objetivos.

De acuerdo a datos obtenidos del incendio forestal generado en agosto del 2014 el bosque protector guayabillas sufrió la afectación de aproximadamente 30 hectáreas de las 54 que lo conforman, el fuego fue controlado pasadas las 2 horas de trabajo arduo tanto de bomberos militares, personas cercanas al lugar, y con la ayuda de un helicóptero policial [17].

Para evitar que estos hechos se produzcan nuevamente, el desarrollo del sistema experto genera una alerta temprana antes de que el incendio se genere, si es de forma natural o de pronta respuesta si es producido por personas inescrupulosas, evitando así que gran parte del bosque se vea afectado y reduciendo al mínimo el impacto del fuego.

De acuerdo a datos del Ministerio del Ambiente, controlar un incendio puede demandar entre USD 5 000 y 20 000, por hora. Y puede llegar hasta los USD 70 000 si usan helicópteros con bolsas de agua. La recuperación tarda décadas. Los costos no solo son económicos, lo más grave es el daño a la naturaleza [18].

V. CONCLUSIONES

- La computación en la nube es muy provechosa ya que tiene grandes beneficios en lo q respecta a sistemas multimedia, aquí no hay limitaciones de hardware y se puede gozar de interactividad con más personas.
- Se realizó la implementación de un sistema experto, el cual se encarga del procesamiento, almacenamiento y visualización de los datos provenientes de la WSN, ubicada en el bosque protector Guayabillas, permitiendo al usuario la facilidad de manipulación de los datos y generación de informes ambientales de ser estos necesarios.
- Luego de la investigación bibliográfica realizada a los sistemas expertos existentes y a diferentes tipos de plataformas de adquisición de datos, el sistema de alerta temprana tendrá una validación de información, al ingresar los datos cada 30 segundos serán almacenados en la tabla de datos, posterior la plataforma tarda 1 minuto y 30 segundos para guardar la alerta y de ahí poder desplegar los organismos de socorro y la secretaría de gestión de riesgos si fuese necesario.
- Para evitar que exista redundancia de datos y esto complique el procesamiento de la información se realizó la normalización de la base de datos de acuerdo a las necesidades ambientales, protegiendo así la integridad de los datos y su generación real de alarmas.
- Se identificó la lógica del negocio y se procedió a la codificación de todas las funciones y rangos de tolerancia que el sistema soporta antes de enviar una alerta, la información creada por los sensores va a ser almacenada en la base de datos y posteriormente mostrada en la plataforma con sus rangos específicos de tolerancia.
- El diseño del sistema experto cumple con las características necesarias para poder ser implementado en sistema de alerta temprana aplicado al bosque protector Guayabillas ya que como se demostró en el capítulo 4 los datos cumplen las características y funciones que son necesarias.
- El principal propósito de creación del sistema experto fue cumplido, ya que brinda capacidades de adaptación y crecimiento sin incurrir en costos excesivos de implementación, así como también tener la seguridad de que los datos que se encuentran almacenados están siendo protegidos dentro de la red local.

VI. REFERENCIAS

- [1] Barboza, P. (31 de Marzo de 2014). *Secretaria de alerta temprana*. Obtenido de http://www.who.int/ihr/publications/WHO_HSE_GCR_LYO_2014.4es.pdf
- [2] Barreto, F. (13 de Mayo de 2014). *IEEE 29148*. Obtenido de <https://prezi.com/8mki1yjihkdp/ieee-29148/>
- [3] Blázquez, F. (2001). *Sociedad de la información y educación*. Obtenido de <http://www.ub.edu/prometheus21/articulos/obscliberprome/blanquez.pdf>
- [4] Cadena, T. C. (29 de Junio de 2017). Recepcion de emergencia por incendios forestales. (J. Ruiz, Entrevistador)
- [5] Carriots. (2017). *Carriots*. Obtenido de <https://www.carriots.com/>
- [6] CIIFEN. (2014). Metodología para la Estimación de Vulnerabilidad en Ecuador, Perú y p. págs. 1 - 45.
- [7] ECU-911. (2017). *Sistema integrado de seguridad ECU-911*. Obtenido de <http://www.ecu911.gob.ec/>
- [8] EIRD. (2010). *EIRD*. Obtenido de <http://www.eird.org/index-esp2.html>
- [9] Engelmores, R. S. (2010). *EXPERT SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. Obtenido de http://www.wtec.org/loyola/kb/c1_s1.htm
- [10] exosite. (2017). *exosite murano*. Obtenido de <https://exosite.com/>
- [11] Fuentes, I. (12 de Abril de 2004). *Publicaciones I&IMS*. Obtenido de http://bertoki.com.ar/portal_educativo/gestion_recursos_tecnologicos/documentos/digitalizacion_de_documentos.pdf
- [12] González, Y. (15 de Mayo de 2013). *ICEMD*. Obtenido de <http://blogs.icemd.com/blog-estrategias-de-marketing-percepcion-o-realidad- psicologia-del-color-en-el-logo-de-una-marca/>
- [13] IEEE. (2011). *IEEE-SA*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/findstds/standard/29148-2011.html>
- [14] ISO. (12 de 2011). *International Organization for Standardization*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/45171.html>
- [15] Kruchten, P. (Noviembre de 1995). *Architectural Blueprints—The “4+1” View*. Obtenido de <http://www.win.tue.nl/~wstomv/edu/2ip30/references/Kruchten-4+1-view.pdf>
- [16] López, I. W. (30 de Junio de 2017). Despliegue de organismos de socorro ECU-911. (J. Ruiz, Entrevistador)
- [17] Microsoft. (12 de Julio de 2013). *Prueba Microsoft Edge*. Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-ec/help/283878/description-of-the-database-normalization-basics>
- [18] Microsoft. (17 de Enero de 2017). *Microsoft*. Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-ec/help/827968/how-to-estimate-the-size-of-a-sql-server-ce-or-sql-server-2005-mobile>
- [19] Microsoft. (17 de Enero de 2017). *Microsoft*. Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-ec/help/827968/how-to-estimate-the-size-of-a-sql-server-ce-or-sql-server-2005-mobile>
- [20] Musumeci, V. (11 de Abril de 2016). *Valentina Musumeci Blog*. Obtenido de <http://valentinamusumeci.com/blog/teoria-psicologia-color/>
- [21] Novicompu. (Junio de 2017). *Novicompu*. Obtenido de https://www.novicompu.com/laptops/3264/laptop-hp-15-ay191-i3-7100-1tb-8gb-156-touch-dvd-rw-win10.html?search_query=hp+pavilion+15&results=334
- [22] Ortega, M. (5 de Febrero de 2014). *Betabeers*. Obtenido de <https://betabeers.com/forum/que-lenguaje-backend-tiene-mas-futuro-572/>
- [23] Ortiz, J. L. (31 de Marzo de 2017). *BENCHMARK DE SELECCIÓN DE SENSORES PARA UNA WSN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6527>
- [24] Pagani, J. B. (17 de Febrero de 2012). *Investigación en tecnologías de la información*. Obtenido de <http://investigacionit.com.ar/es/optimizacion-de-bases-de-datos-mysql/>
- [25] Paucar, E. (21 de Julio de 2017). 100 000 hectáreas afectadas en cinco años por incendios forestales. Quito, Pichincha, Ecuador.
- [26] Pérez, M. A. (18 de Junio de 2015). *Sistemas expertos optimizados*. Obtenido de <https://sistemasexpertostsu.wordpress.com/2015/06/18/estructura-basica-de-un-sistema-experto-2/>
- [27] Pérez, M. A. (19 de Junio de 2015). *Sistemas Expertos Optimizados*. Obtenido de <https://sistemasexpertostsu.wordpress.com/2015/06/18/funciones-del-sistema-experto/>
- [28] (2013-2017). *Plan Nacional Del Buen Vivir*. QUITO.
- [29] Pule, D. (14 de Junio de 2017). *Repositorio UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6896>
- [30] Rodríguez, J. (28 de Septiembre de 2008). *Unidad de Desarrollo Tecnológico*. Obtenido de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- [31] ROSENBERG, D. A. (Abril de 2016). *DISEÑO DE UNA INTERFAZ DE MONITOREO PARA SERVICIOS*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11963/1/B-CINT-PTG-N.44%20ROSENBERG%20MIRANDA%20DENISSE%20ALEXANDRA%20Y%20O%20C%91ATE%20CERVANTES%20ERICK%20TRAJANO.pdf>
- [32] Rosero, A. (25 de Agosto de 2014). Incendio consume bosque protector de Guayabillas. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- [33] Stevens, L. (1985). *Artificial intelligence*. Hasbrouck Heights, New Jersey.
- [34] Thingspeak. (2017). *Thingspeak*. Obtenido de <https://thingspeak.com/>
- [35] ubidots. (2016). *ubidots*. Obtenido de <https://ubidots.com/>
- [36] UNESCO. (2011). *UNESCO*. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/special-themes/disaster-risk-reduction/geohazard-risk-reduction/early-warning-systems/>
- [37] xively. (2017). *xively*. Obtenido de <https://www.xively.com/>

VII. BIOGRAFÍA



Jefferson V. RUIZ FUEL, nació en la ciudad de Tulcán-Ecuador el 17 de febrero de 1991. Realizo sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Vicente Fierro. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte – Ecuador. Áreas de interés: Redes de Comunicación, Computación en la nube, Electrónica, Robótica, IoT, Inteligencia Artificial.



Jaime R. MICHILENA CALDERON. Nació en Atuntaqui – Ecuador el 19 de febrero del año 1983. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2007. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, Obtiene su Maestría en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en el año 2016 Quito - Ecuador.