

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



**SEP**

**TRABAJO PROFESIONAL**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**QUE PRESENTA:**

**CAROL JAQUELINE LEÓN GÓMEZ**

**CON EL TEMA:**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO GRÁFICO DE LAS  
DIFERENTES VARIABLES DEL AGUA PARA LA DETERMINACIÓN DE  
LOS NIVELES DE POTABILIDAD PARA LA PLANTA TRATADORA DE  
AGUA”.**

**MEDIANTE:**

**TITULACIÓN INTEGRAL**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

**SEPTIEMBRE 2012**

# ***Dedicatoria***

## ***A Dios***

*Por haberme permitido llegar H asta  
E ste punto y haberme dado salud para lograr mis  
Objetivos, además de haberme dado a mi hija que fue mi fortaleza e  
I nspiración para terminar mi carrera, también por su bondad e infinito  
amor.*

## ***A mi madre***

*Por haberme apoyado en todo momento,  
A pesar de los momentos difíciles por sus consejos, sus  
V alores, por la Motivación Constante que me ha  
Permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

## ***A mi padre***

*Por los ejemplos de perseverancia y  
Constancia que lo caracterizan y que me ha infundado  
S iempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

## ***A mis familiares***

*A mi hermana por ser el ejemplo de una hermana  
Mayor y de la cual aprendí muchas cosas, porque siempre  
E stuvo dispuesta a ayudarme a pesar de momentos difíciles.  
A mi esposo quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y S u apoyo  
constante.*

# ***Agradecimientos***

**DR. HÉCTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN**

Jefe de la división de estudios de posgrado e investigación.

**LIC. JOSÉ MANUEL SANTIAGO CALVO**

Jefe de la academia de sistemas computacionales

**LIC. OBDULIA HERNÁNDEZ**

Jefa de laboratorio de SMAPA.

# ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	5
RESUMEN.....	6
CAPÍTULO I.....	7
1. ANTECEDENTES.....	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. JUSTIFICACIÓN.....	12
5. IMPACTOS.....	12
5.1 SOCIAL.....	12
5.2 TÉCNICO.....	13
5.3 AMBIENTAL.....	13
5.4 ECONÓMICO.....	13
6. VIABILIDAD.....	14
6.1 VIABILIDAD TÉCNICA.....	14
6.2 VIABILIDAD ECONÓMICA.....	14
6.3 VIABILIDAD OPERATIVA.....	14
7. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
7.1 ALCANCES.....	15
7.2 LIMITACIONES.....	15
8. HIPÓTESIS.....	16
9.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ.....	16
9.1 DATOS GENERALES.....	16

9.2 ANTECEDENTES DE LA PLANTA POTABILIZADORA SMAPA.....	17
9.3 MISIÓN.....	19
9.4 VISIÓN. ....	19
9.5 ORGANIGRAMA. ....	19
9.6 ÁREA EN QUE SE PARTICIPÒ.....	19
CAPÍTULO II.....	21
10. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	22
10.1 ESTADO DEL ARTE.....	22
10.1.1 SOFTWARE DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA).....	22
10.1.2 SISTEMA REMOTO DE MONITOREO AMBIENTAL.....	23
10.1.3 SISTEMA CENTRAL DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.....	24
10.1.4 ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN PERFIL DE TEMPERATURA Y SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE APLICACIÓN WEB.....	25
10.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	26
10.2.1 CALIDAD DEL AGUA.....	26
10.2.2 EL PH EN EL AGUA.....	27
10.2.2.1 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL PH.....	27
10.2.3 TURBIDEZ.....	28
10.2.4 TEMPERATURA.....	28
10.2.5 PRUEBA DE JARRAS.....	29
10.2.5.1 PROCEDIMIENTOS.....	30
10.2.6 MONITOREO EN PLANTAS DE AGUA POTABILIZADORA.....	31
10.2.7 VISUAL STUDIO 2005.....	31

CAPÍTULO III.....	32
11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	33
11.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO A DESARROLLAR.....	33
11.2 MODELO DE PROCESO DE DESARROLLO.....	34
11.3 GESTIÓN DE RIESGOS.....	35
11.4 ANÁLISIS DE RIESGOS.....	36
11.5 CASOS DE USO.....	37
11.5.1 CASO DE USO DEL MONITOREO DE LA PLANTA POTABILIZADORA.....	37
11.5.2 DIAGRAMA DE ESTADOS PARA EL MONITOREO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE SMAPA.....	38
11.5.3 DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	39
11.5.4 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA....	40
CAPÍTULO IV.....	41
12 RESULTADOS, PLANOS, GRÁFICAS Y PROGRAMAS.....	42
12.1 DISEÑO DE INTERFAZ.....	42
12.1.1 PANTALLA DE BIENVENIDA.....	42
12.1.2 VARIABLES DE ENTRADA.....	43
12.1.3 BASE DE DATOS ACCSESS.....	45
12.1.4 ALARMA DE PREVENCIÓN DE LOS DATOS.....	46
12.1.4.1 ALARMA AZUL Y AMARILLA.....	46
12.1.4.2 ALARMA ROJA.....	47
12.1.5 VARIABLES DE SALIDA.....	48
12.1.6 VENTANA DE ESTABLECER TIEMPO DE MUESTREO.....	48
12.1.7 GRÁFICA DE LOS DATOS MONITOREADOS.....	49
12.2 DIAGRAMA A BLOQUES.....	50
12.2.1 DIAGRAMA A BLOQUES GENERAL.....	50

12.2.2 DIAGRAMA A BLOQUES ESPECÍFICO.....	51
12.3 METODOLOGÍA .....	51
12.3.1 FUSIFICACIÓN.....	52
12.3.2 BASE DE CONOCIMIENTO.....	52
12.3.3 INFERENCIA.....	52
12.4 DIAGRAMA GRÁFICO DE PROCESOS.....	53
12.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO.....	53
12.6 MODELO MATEMÁTICO.....	54
12.6.1 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	54
12.6.1.1 TEMPERATURA.....	55
12.6.1.2 PH.....	56
12.6.1.3 TURVIDEZ.....	57
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
13.1 CONCLUSIONES.....	59
13.2 RECOMENDACIONES.....	61
ANEXOS.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64

# INTRODUCCIÓN.

La industria del agua potable tiene una creciente presión para producir agua tratada de mayor calidad a costos más reducidos. Durante el proceso de potabilización es muy importante tomar en cuenta las variables características del agua, como la temperatura, el pH, la turbidez, entre otras. Estas variables sufren cambios durante ese proceso, de tal forma que las mediciones a la salida de la planta deberán cubrir con los valores estrictos de calidad del agua. En el siguiente trabajo de investigación se desarrollará un software para el monitoreo de las variables características que contiene el agua de la planta potabilizadora de SMAPA, dicho programa de software visualizará los valores de las variables características en sus diferentes etapas.

El capítulo I da un panorama general sobre lo que hace el proyecto, los objetivos generales y específicos, así como los impactos que tendrá éste al implementarlo.

El capítulo II es una recopilación de algunos proyectos que se han desarrollado en la actualidad, proyectos que son similares a éste, con la intención de tomar la información necesaria para este proyecto.

El capítulo III proporciona información sobre el prototipo que se utiliza, así como los diagramas a bloques del proyecto y la metodología que se usa para el seguimiento de éste.

El capítulo IV muestra los resultados obtenidos, así como la información detallada del funcionamiento del software.

## **RESUMEN.**

Durante el proceso de potabilización es muy importante tomar en cuenta las variables del agua a la entrada de la planta, como la temperatura, el pH, la turbidez, entre otras. Estas variables sufren cambios durante ese proceso, de tal forma que las mediciones a la salida de la planta deberán cumplir con los valores estrictos de la calidad del agua para consumo humano. La base de la implementación del programa de software serán las mediciones de las variables características del agua a la entrada y la salida de la planta potabilizadora.

Dentro del software de monitoreo es necesario implementar una alarma que alerte en caso de que la calidad del agua no sea la adecuada para consumo humano.

En un sistema tradicional, se trata de vigilar simplemente las variables internas dentro de un dominio de valores característicos de funcionamiento normal, el desarrollo del Sistema de monitoreo, será de gran ayuda ya que permitirá tener suficiente tiempo para tomar las decisiones a realizar, para corregir cualquier desviación detectada y así poder realizar la reconfiguración del proceso o el mantenimiento a sus unidades.

# **CAPÍTULO I.**

# 1. ANTECEDENTES.

México ocupa el lugar 106 entre 122 países evaluados a partir de un indicador de calidad de agua por el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Esta evaluación coloca a México como un país cuya calidad del agua debe ser una prioridad de la política hídrica.

El agua es vector de muchas enfermedades, diversas clases de patógenos pueden iniciar infecciones por medio del agua, bien sean bacterias, virus o protozoarios entéricos que son resistentes a la mayoría de los desinfectantes y algunos patógenos nuevos, como las bacterias ambientales, que son capaces de sobrevivir y proliferar en los sistemas de distribución del agua. El empleo de aguas residuales sin tratamiento es la principal causa de proliferación de enfermedades transmitidas por agua en México, sobre todo porque se utiliza para el riego de cultivos de alimentos que se consumen crudos.

En Chiapas se ha incrementado en los últimos años de manera alarmante, la contaminación de cauces y arroyos debido a las descargas sin tratamiento de los centros de población. En particular, el río Grijalva es una de las corrientes de agua que presenta mayores problemas, ya que en él se descargan las aguas residuales de los municipios de la zona centro.

Actualmente se cuenta con una cobertura de agua potable del 74.5%, que representa una población beneficiada de 3,128,093 habitantes, que genera 5.02 m<sup>3</sup>/s de agua residual, de los cuales únicamente es tratado 1.18 m<sup>3</sup>/s, lo que indica que más del 80% del agua utilizada, es regresada a las corrientes superficiales, sin tratamiento alguno.

De acuerdo con el inventario nacional de plantas potabilizadoras municipales, en Chiapas existen 24 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 9 se encuentran operando de manera deficiente, debido a la falta de mantenimiento y a una operación deficiente.

Tuxtla Gutiérrez está considerada como una de las ciudades que presenta una notable inequidad en el acceso de agua potable, siendo la poblaciones marginadas las que más sufren dicho problema, mientras por un lado existe la carencia del vital líquido, en diversas colonias de Tuxtla Gutiérrez las fugas de agua que se registran en la ciudad, representa un serio problema para el municipio, toda vez que grandes cantidades de agua se desperdician por las grietas existentes en la red de tuberías.

Tuxtla Gutiérrez cuenta con una planta potabilizadora, pero el funcionamiento es demasiado deficiente, lo que no proporciona el servicio adecuado a la comunidad, SMAPA trabaja en el mejoramiento de su producción, pero los métodos para llegar a potabilizar el agua suelen ser demasiado lentos, lo que no proporciona suficientes cantidades de agua potable a la población.

Hoy en día, el proceso de potabilización del agua, en la planta del SMAPA se lleva a cabo con la prueba de jarras que se usa para determinar qué cantidad de sustancias químicas que se le pondrán al agua de acuerdo a la cantidad de pH, turbidez y temperatura, que el agua arroje en el resultado de la prueba.

Para lograr que esta prueba obtuviera éxito se tenían que utilizar los pasos de llenado de vasos, adicionar el coagulante, reducir la velocidad de mezclado, apagar el equipo y por último filtrar el contenido de los componentes, para poder lograr obtener el agua con las características estandarizadas (Fig. 1).

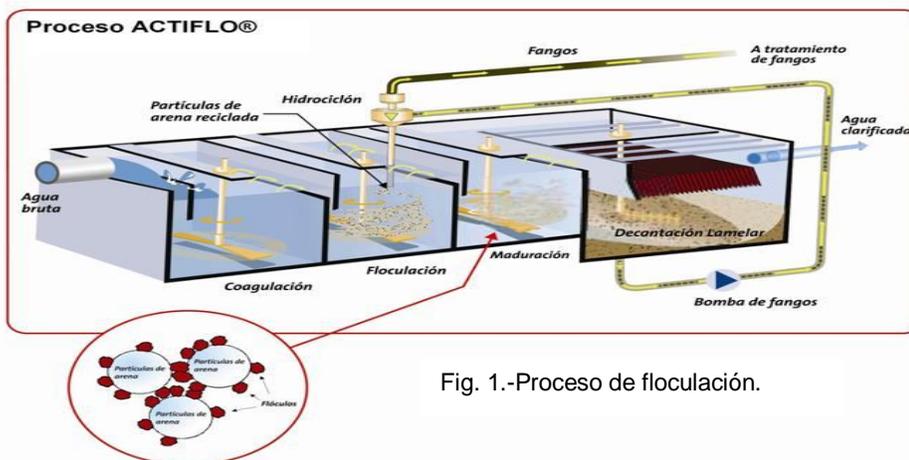


Fig. 1.-Proceso de floculación.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El agua, origen y base de la vida, se ha consolidado como un medio indispensable para alternativas del futuro, el uso excesivo a generado grandes conflicto entre diversos sectores de interés para la salud.

La contaminación y el tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiente desinfección del agua, genera serias amenazas para la salud pública, al desarrollo económico y social.

Entre enfermedades trasmitidas por la mala calidad del agua están el cólera, la fiebre tifoidea y la hepatitis A y B.

La falta de agua adecuada para el consumo, es una fuente directa de estas enfermedades, por lo que trae consecuencias económicas a la sociedad y al gobierno.

Por eso es necesario actuar inmediatamente con el mejoramiento de agua y para ello se propone la implementación de un programa de software que mida las variables características del agua a la entrada, en la etapa intermedia y en la salida de la planta potabilizadora de SMAPA.

Dentro del software de monitoreo es necesario implementar una alarma que alerte en caso de que la calidad del agua no sea la adecuada para consumo humano, las alarmas serán síntomas de comportamiento anormal dentro de la planta.

En un sistema tradicional, se trata de vigilar simplemente las variables internas dentro de un dominio de valores característicos de funcionamiento normal, el desarrollo del Sistema de monitoreo, será de gran ayuda ya que permitirá tener suficiente tiempo para tomar decisiones, para corregir cualquier desviación detectada y así poder realizar la reconfiguración del proceso o el mantenimiento a sus unidades.

## **3. OBJETIVOS.**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar un Sistema de monitoreo gráfico que permita el seguimiento de las siguientes variables características del agua: el pH, la temperatura y la turbidez del agua en la entrada de la planta potabilizadora de SMAPA, para asegurar la calidad del agua en el menor tiempo posible.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Procesar los datos para generar las estadísticas de forma gráfica de las variables características del agua a la entrada y a la salida de una planta de agua potable, tales como el pH, la temperatura y la turbidez del agua.
- Implementar una alarma visual que dé un aviso cuando alguna de las variables se salga del parámetro de normalidad, para permitir tomar medidas correctivas a tiempo.
- Asegurar que el agua a distribuir tenga las condiciones de potabilización adecuada para el suministro en la red de agua potable.

## **4. JUSTIFICACIÓN.**

- Reducción de costos en el proceso de análisis de la calidad del agua.
- Con las alarmas agiliza la toma de decisiones por lo que asegurará mejor calidad del agua potable.
- Con la reducción del tiempo de potabilización será más rápido el suministro de agua a la población.
- Al poder hacer más eficiente el monitoreo de la calidad del agua logrará alcanzar los estándares que marca la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la certificación de la calidad del agua.
- Con el mejoramiento de la calidad del agua se reducirá la propagación de enfermedades.

## **5. IMPACTOS.**

### **5.1 SOCIAL.**

El agua está asociada a la transmisión de enfermedades que afectan la salud humana, ya sea por ingestión directa o mediante la contaminación de alimentos, por lo que su calidad está absolutamente relacionada con la calidad de vida, tener agua potable reduce notoriamente las enfermedades, además beneficia al gobierno porque reduce recursos en campañas de salud; con una mala calidad del agua se genera menor rendimiento en las empresas por el aumento de personal incapacitado.

## **5.2 TÉCNICO.**

La producción de agua potable estará permanente vigilada mediante el uso del software a implementar basado en tecnología actual que permite una mejor interacción con los operadores de la planta potabilizadora.

## **5.3 AMBIENTAL.**

Al existir una reducción en el consumo de reactivos químicos usados en la planta potabilizadora para su funcionamiento, la contaminación al medio ambiente también se reduce.

## **5.4 ECONÓMICO.**

Los costos para el tratamiento de agua potable tendrán costos más reducidos, ya que la implementación del Sistema de monitoreo podrá anticiparse a las fallas que puedan existir en la planta.

## **6. VIABILIDAD.**

### **6.1 VIABILIDAD TÉCNICA.**

Actualmente la planta potabilizadora de SMAPA utiliza el proceso de prueba de jarras para potabilizar el agua, es un proceso demasiado lento lo cual demuestra que esta técnica es deficiente.

Gracias a la tecnología y a las herramientas con las que se dispone actualmente, es posible la instalación del software sin ningún problema, además de que será implementado en una planta potabilizadora de agua aquí en el Estado de Chiapas, lo cual lo hace más factible en todos los aspectos.

### **6.2 VIABILIDAD ECONÓMICA.**

El software que se implementará así como el Proyecto en general, cuenta con el apoyo y el capital suficiente para ser implementado y desarrollado de acuerdo a los estándares de calidad, eficiencia y eficacia.

### **6.3 VIABILIDAD OPERATIVA.**

Para el desarrollo del Proyecto se cuenta con el personal, capacitado y disponible para implementar el software a desarrollar, sin ninguna problemática, con la experiencia para poder modificar cualquier irregularidad del software y del Proyecto en general.

Se tiene la capacidad para poderse dar un buen mantenimiento a lo largo del desarrollo con gran capacidad para resolver, la problemática si se presenta.

## **7. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **7.1 ALCANCES.**

- Puede manipular los datos existentes en la base de datos generada por los sensores.
- Puede generar gráficas de las 3 variables monitoreadas (pH, turbidez y temperatura).
- Se implementó una alarma visual que indica cuando los parámetros están saliendo de los rangos de normalidad.
- Ayuda al personal de SMAPA a tener controlado el proceso de potabilización del agua.

### **7.2 LIMITACIONES.**

- No se genera ninguna conexión entre los sensores y la computadora.
- No se realiza la interfaz donde se encuentran los sensores.

## 8. HIPÓTESIS.

Con el software de monitoreo que se implementará en la planta potabilizadora de SMAPA, se podrán visualizar las variables del agua (turbidez, temperatura y pH), el operador de la planta potabilizadora contará con el apoyo para supervisar el funcionamiento de la planta de manera más eficiente. Permitiendo acortar el tiempo de análisis de la calidad del agua por lo que se va a poder incrementar el volumen del agua tratada y con esto, el mejor rendimiento de la planta.

Con la implementación de alarmas visuales en el Sistema, se acelerará la detección de indicadores que muestren oportunamente de que las condiciones no son las ideales y con esto permitir la adecuada toma de decisiones de los encargados del control de la calidad del agua.

## 9.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ.

### 9.1 DATOS GENERALES.

**Nombre de la Dependencia:** Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA).

**Director:** Lic. Jorge Flores Rincón.

**Dirección:** 4ta. Oriente Sur núm. 1621, carretera a Villaflores, Col. lomas del Venado, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**Teléfono:** 961- 618-71-70 ext. 7125 c.p.2980

## **9.2 ANTECEDENTES DE LA PLANTA POTABILIZADORA SMAPA.**

Tuxtla Gutiérrez fue una de las primeras poblaciones capitales de estado en contar con agua entubada mediante el aprovechamiento de manantiales. Durante un largo periodo pareció ser suficiente para dotar a la población y aún regar parques y jardines, así como para alimentar las fuentes ubicadas en todos los barrios, de donde se surtían los pobladores que carecían de servicios en sus hogares. El problema de la escasez en época de estiaje continúa y en busca de soluciones se obtiene un crédito para la obra de construcción de una galería filtrante en La Chacona y su tubería de conducción, en el año 1937, con capital del Gobierno del Estado de Chiapas, el Banco Hipotecario Urbano y de Obras Públicas y el H. Ayuntamiento. Con lo que se abastece a la ciudad con 50 lts/seg que en esa época tenía 20,000 habitantes.

De 1954 a 1957 ante la demanda de una ciudad de 35,000 habitantes, que necesitaba 132 lts/seg y sólo podía abastecer en época de lluvias un total de 105 lts/seg, se realizó un estudio de 12 alternativas para proveer de agua a Tuxtla Gutiérrez, siendo la alternativa más viable y económica el construir una galería filtrante en el río Santo Domingo para surtir por bombeo mediante líneas de conducción y 3 rebombes (que hoy llamamos línea antigua) y una nueva conducción de La Chacona a la ciudad.

De 1970 a 1980 debido a la continuidad de los problemas basados en la falta de abastecimiento por la creciente demanda (66,000 habitantes) se instalan nuevos equipos de bombeo en las estaciones de Santo Domingo, que permiten aprovechar su máxima capacidad de 200 lts/seg. Se inicia el programa de seccionamiento de la red con sus tanques reguladores y la conducción al tanque de La Lomita de 3,000 m<sup>3</sup>, pero la obra más importante sin lugar dudas es la construcción de la planta potabilizadora de agua para tratar 500 lts/seg, cabe mencionar que en esta

época el sistema era parte de la Junta Federal de Agua Potable (SRH, SARH, SAHOP) hasta 1979.

De 1981 a 1985 Tuxtla es una ciudad de 150,000 habitantes a finales de los setenta Gutiérrez, El problema más palpable en esa época es el escaso sistema de drenaje que hay en la ciudad y que en época de lluvias su capacidad se ve rebasada por la cantidad de líquido de las vialidades. Se hace la obra del cárcamo de Santo Domingo y la planta potabilizadora dos, para asegurar el abastecimiento a Tuxtla Gutiérrez de un gasto máximo de 1,000 lts/seg.

De 1985 a 1995, Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Realizan las obras de la Barcaza sobre el río Grijalva para abastecer en época de estiaje con 500 lts/seg más y el tanque sedimentador en la captación del río Santo Domingo para apoyar en la labor de las plantas potabilizadoras en la época de lluvias.

De 1995 a 2000, actualmente se cuenta con cinco captaciones: río Grijalva, río Santo Domingo, La Chacona, San Agustín y Rancho Viejo, con las que se captan y distribuyen 1,250 lts/seg a más de 100,000 tomas domiciliarias (Fig. 2).



Fig. 2.- Planta potabilizadora de SMAPA.

### 9.3 MISIÓN.

Ofrecer a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, concientizando a la población del uso y la preservación del agua como elemento indispensable en la vida.

### 9.4 VISIÓN.

Consolidarse como uno de los mejores organismos a nivel nacional, con base en la ética de trabajo en equipo y tecnología de vanguardia, capaz de satisfacer las necesidades actuales y futuras de la comunidad.

### 9.5 ORGANIGRAMA.

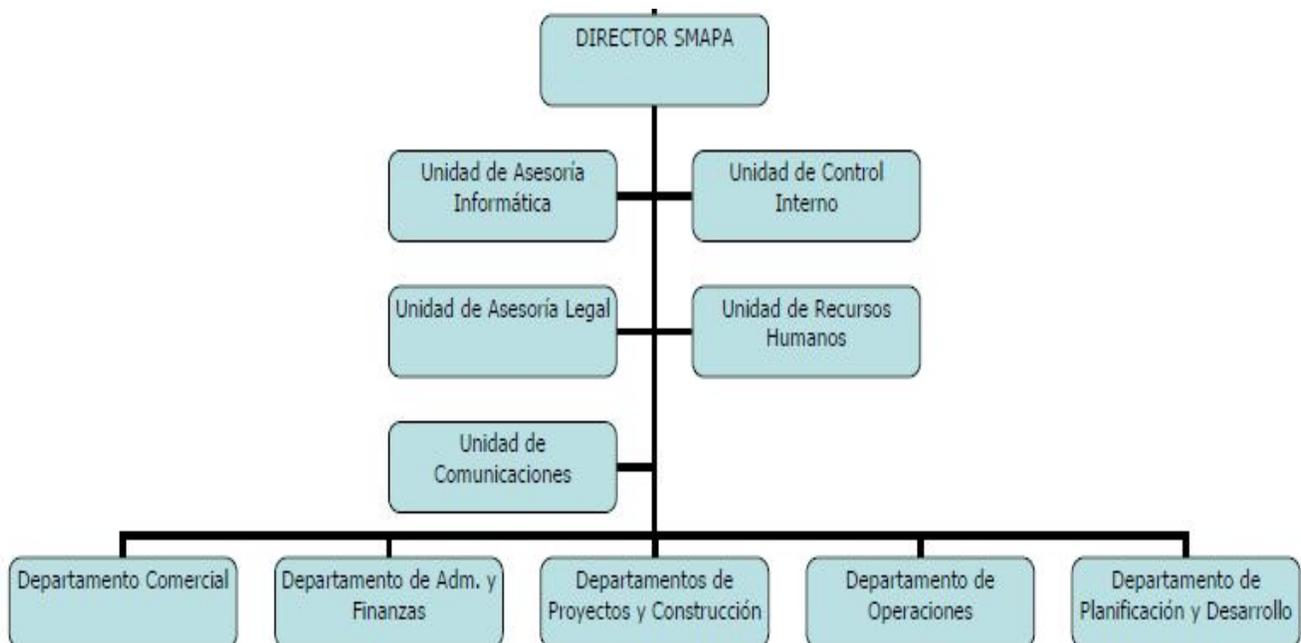


Fig. 3.- Organigrama de SMAPA.

## 9.6.- ÀREA EN QUE SE PARTICIPÒ.

Se desarrolló en la planta potabilizadora de SMAPA, en el Laboratorio de Control de Calidad (Fig. 4), donde se llevan a cabo las pruebas para saber los datos de las variables del agua como pH, turbidez, temperatura, entre otras. En el laboratorio actualmente las pruebas se hacen de manera manual.



Fig. 4.- Laboratorio de control de calidad de SMAPA.

# **CAPÍTULO II.**

# 10. FUNDAMENTO TEÓRICO.

## 10.1 ESTADO DEL ARTE.

### 10.1.1 SOFTWARE DE CONTROL SUPERVISORIO Y DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA).

Es un monitoreo continuo local y/o remoto de los volúmenes manejados, la calidad del agua recibida, las condiciones de operación de los equipos y sistemas operativos, la calidad del agua durante el proceso y la calidad del agua que se envía a la red por tubería hacia los usuarios.

El Sistema de telemetría en aguas residuales es capaz de medir y monitorear diferentes fenómenos físicos, en forma local a las plantas de bombeo de aguas residuales (PBAR'S) y también en forma remota a las cárcamos de bombeo de aguas residuales (CBAR'S), esto mediante el uso de sensores conectados a un controlador lógico programable (PLC), el cual mediante un radio propietario preparado para el manejo de datos, transmite la información generada "en campo" a través de un radio enlace a una computadora que actúa como "Central de Monitoreo Maestra", mediante el uso del software de Control Supervisorio y de Adquisición de Datos (SCADA), a efecto de optimizar la operación y mantenimiento del Sistema de Aguas Residuales de la Ciudad de Mexicali(Fig. 5).

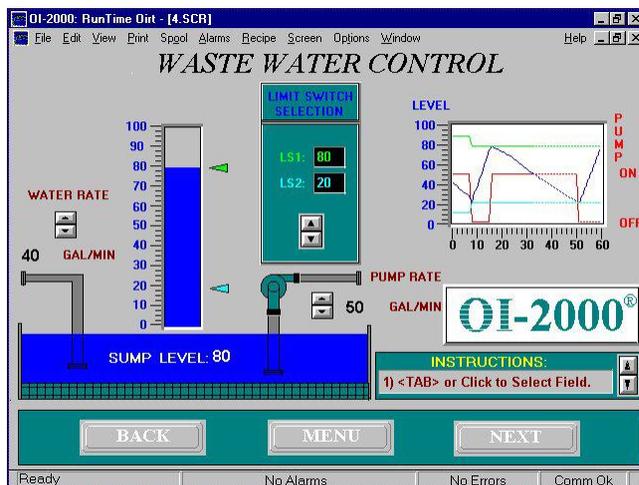


Fig. 5.- Pantalla principal de SCADA.

## 10.1.2 SISTEMA REMOTO DE MONITOREO AMBIENTAL.

La cuenca del río Rímac es fuente de abastecimiento de aguas superficiales de la ciudad de Lima, Perú y poblados aledaños al río como son Chicla, San Mateo, Matucana, Surco, Chosica y Chaclacayo. La actividad minera ha tenido como consecuencia el uso de agua y el vertimiento de elementos contaminantes en los afluentes de las empresas mineras. Como consecuencia, la cuenca ha sido priorizada para la evaluación ambiental y realizan varias campañas de monitoreos.

El lugar del proyecto está ubicado en la Quebrada Aruri, paraje de Tamboraque, a la altura del Km. 90 de la carretera Central hacia el este de la ciudad de Lima y en el margen izquierdo del río Rímac.

Basados en la descripción arriba mencionada han considerado cuatro alternativas de monitoreo en sistemas remotos: Comunicación celular, comunicación modem parlante telefónico, comunicación radio UHF/VHF y modem y comunicación satelital. De las alternativas propuestas se optaron por la comunicación satelital por su mayor captación de datos para numerosas estaciones remotas ubicadas en cualquier lugar del país a una estación central con absoluta garantía de transmisión permanente (Fig. 6).



Fig. 6.- Pantalla principal del Sistema remoto ambiental.

### 10.1.3 SISTEMA CENTRAL DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.

Este Sistema permite monitorear las condiciones de operación (flujos, temperaturas, presiones, estatus de válvulas, estatus de bombas, etc.) en archivos con extensión csv (compatibles con Excel).

Permite llevar a cabo acciones de control, tales como apertura y cierre de válvulas. Con este Sistema se puede evaluar el desempeño de la planta así como detectar condiciones anormales de operación que requieren acción inmediata.

Este sistema permite monitorear y controlar la operación de la planta de tratamiento de manera remota usando el controlador y el software suministrado por el proveedor de la planta (Fig. 7).



Fig. 7.- Sistema central.

#### 10.1.4 ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN PERFIL DE TEMPERATURA Y SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE APLICACIÓN WEB.

El objetivo del Proyecto descrito en el presente artículo fue el diseñar e implementar un Sistema de monitoreo de temperatura que permita al usuario verificar en tiempo real y en un determinado periodo de tiempo la evolución de una prueba de temperatura, el cual es uno de requerimientos de las validaciones de diseño dentro del desarrollo de productos automotrices.

Este Sistema permite reducir la necesidad de monitoreo de forma presencial, a través de la implementación de una aplicación web que permite a los interesados poder verificar el desempeño de la prueba desde cualquier punto de la empresa o fuera de la misma a través de internet.

Para el desarrollo de la aplicación de monitoreo y de la aplicación web utilizaron los lenguajes de programación C# y ASP.NET en conjunto con las herramientas de Measurement Studio 8.1. Estos lenguajes permiten desarrollar aplicaciones de medición y automatización de forma visual de manera rápida y sencilla, esto gracias a la gran variedad de elementos y componentes disponibles (Fig. 8).

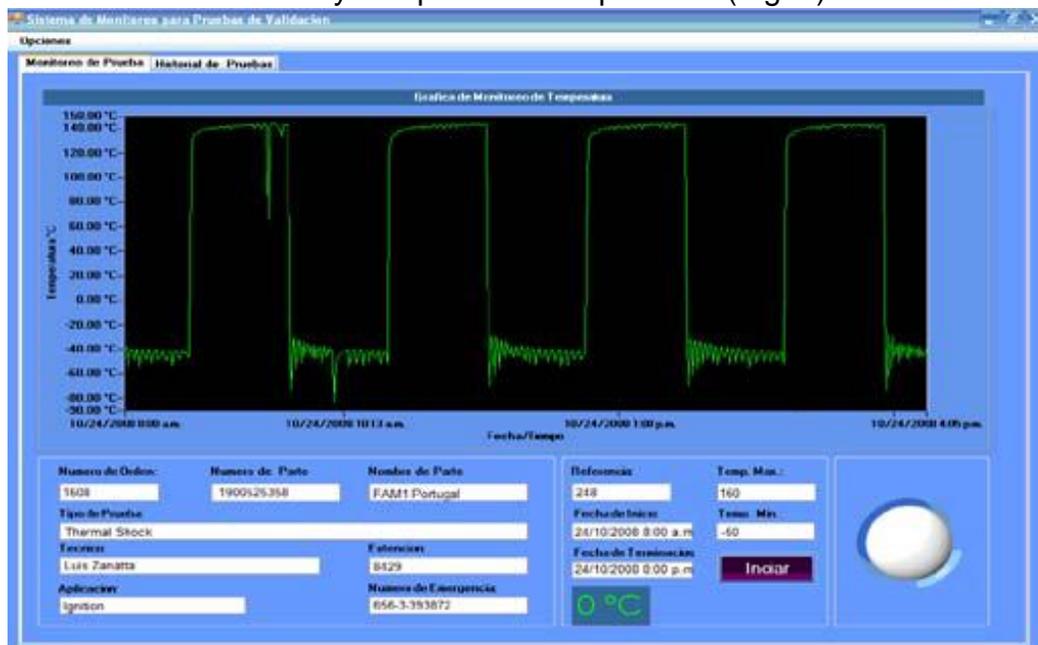


Fig. 8.- Graficación del Sistema.

## 10.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

### 10.2.1 CALIDAD DEL AGUA.

En México los problemas de calidad del agua son severos y tienen un fuerte rezago en su atención comparados con los relativos a la cantidad y a la provisión de servicios a la población. El monitoreo de la calidad del agua es un proceso que debe ser eficaz, regulado y actualizado. De la misma manera, la evaluación de la calidad del agua es indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan el reúso del agua.

Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) (1998), la incidencia de enfermedades gastrointestinales debida a la contaminación del agua por materia fecal afectaba seriamente a estados como Oaxaca, en donde se reportaban 54 muertes por cada 100 000 habitantes, una tasa 14 veces mayor a la de Nuevo León. En 1991 el cólera resurgió en México con 3 000 casos en 17 estados; en años subsecuentes, las entidades afectadas fueron 25 y se registraron entre 150 y 200 muertes cada año.

Del volumen total del agua, el 97.5 % es salada y está contenida en los mares y los océanos. El 2.5 % restante es agua dulce y casi toda se encuentra almacenada en los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia y como agua subterránea fósil; la más accesible está concentrada en ríos, lagos y embalses y representa el 0.007 % de toda el agua de la tierra. De esta porción, el 87 % se emplea para la agricultura.

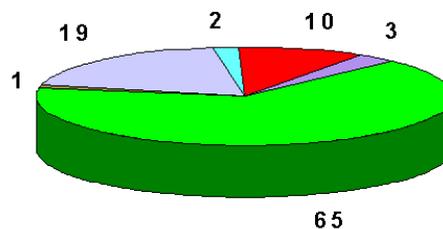


Fig. 9.- Porcentaje del agua.

Hoy en día, en Tuxtla Gutiérrez la planta potabilizadora de SMAPA con una capacidad de 2,000 mtl/seg, entrega agua potable a más del 75% de la población, principalmente en la zona norte de la ciudad, cuyas colonias, habitadas por personas de bajos recursos económicos, carecían de forma crónica de abastecimiento del vital líquido.

### **10.2.2 EL PH EN EL AGUA.**

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

#### **10.2.2.1 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL PH.**

Existen varios métodos diferentes para medir el pH. Uno de estos es usando un trozo de papel indicador del pH. Cuando se introduce el papel en una solución, cambiará de color. Cada color diferente indica un valor de pH diferente. Este método no es muy preciso y no es apropiado para determinar valores de pH exactos. Es por eso que ahora hay tiras de test disponibles, que son capaces de determinar valores más pequeños de pH, tales como 3.5 u 8.5.

El método más preciso para determinar el pH es midiendo un cambio de color en un experimento químico de laboratorio. Con este método se pueden determinar valores de pH, tales como 5.07 y 2.03.

### 10.2.3 TURBIDEZ.

La turbidez se refiere a cuán clara o cuán turbia está el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton.

A continuación se muestran los valores típicos de turbidez para diferentes masas de aguas (Tabla 1).

	<b>Nivel de turbidez</b>
Agua potable	<0.5 JTU
Agua subterránea típica	<1.0 JTU

Tabla 1 .- Turbiedad.

### 10.2.4 TEMPERATURA.

Tener la temperatura del agua controlada es importante para la salud, ya que no sólo la usamos para lavar trastes o lavar productos comestibles, sino también para bañarnos.

Que el agua tenga la temperatura adecuada es importante, ya que el agua muy caliente produce que la gente tenga disminución en el tono muscular y si las personas tardan mucho tiempo en bañarse podría causar taquicardia, así como la generación de dolores musculares.

Si el agua es demasiado fría se aumenta la presión sanguínea, así como el aumento del tono muscular.

### 10.2.5 PRUEBA DE JARRAS.

Las Pruebas de Jarras es la técnica más ampliamente usada para determinar la dosis óptima o mejor dosis de químicos para procesos de coagulación-floculación y sedimentación a nivel de laboratorio (Fig. 10).

Existe gran variedad de equipos para Prueba de Jarras, pero en todos, su versatilidad radica en utilizar cinco o seis frascos con un volumen que puede variar entre 1 y 3 litros de agua, a los cuales son agregadas diferentes dosis de coagulante, mientras se agita frecuentemente durante un tiempo determinado y luego se suspende la agitación rápida, dejando una agitación suave entre 10 y 30 minutos.

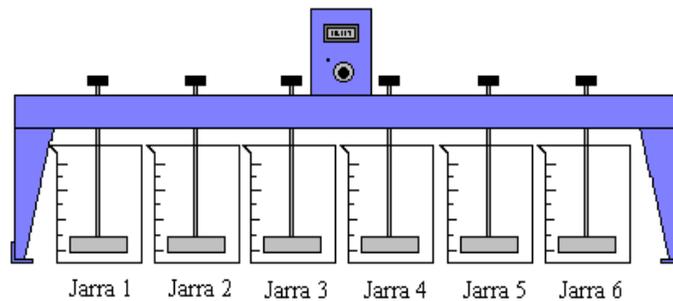


Fig. 10.- Prueba de jarras.

La prueba de jarras se divide en tres etapas para lograr su proceso, estas etapas son: coagulación, floculación y sedimentación.

Al final de la prueba se va a tener una formación de precipitado, el cual se usa para los cálculos de la concentración de sólidos en suspensión y a partir de ésta, la cantidad de solución floculante necesaria para eliminar la turbidez del agua tratada.

En la figura 11 se puede ver uno de los aparatos que utilizan en SMAPA para hacer las pruebas de jarras, adentro se pueden ver a los 3 contenedores que se utilizan para agitar los recipientes con agua sucia y sus diferentes compuestos.

### 10.2.5.1 PROCEDIMIENTO.

1. Tomar una muestra en un recipiente grande con una turbiedad dada.
2. Tomar 6 porciones de 2500 ml.
3. Mezclar y ajustar el pH (usar HCl o NaOH).
4. Colocar las jarras en los agitadores (por pares).
5. Determinar el valor del pH, color y turbiedad para registrarlo en el cuadro previsto.
6. Añadir rápidamente la solución floculante (ejemplo: alumbre).
7. Medir el tiempo de formación de floc de cada jarra.
8. Al final dejar sedimentar los floculos formados.
9. Volver a medir el pH, el color, la turbidez y la concentración residual del coagulante.



Fig. 11.- Aparato para realizar prueba de jarras.

### **10.2.6 MONITOREO EN PLANTAS DE AGUA POTABILIZADORA.**

Hay plantas que tienen un Sistema de monitoreo, dicho Sistema lo colocan en una sala de control, ahí existe un completo sistema de control que fija y controla el caudal de agua producida por la planta de tratamiento de agua potable. Desde ahí un operador determina los caudales deseados, cantidades de productos químicos, cambios de la composición química de éstos, etc. Esta unidad además controla los parámetros de calidad del agua, contando con instrumentación adecuada.

### **10.2.7 VISUAL STUDIO 2005.**

Hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario (GUI). En lugar de escribir numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos de la interfaz, simplemente puede agregar objetos prefabricados en su lugar dentro de la pantalla.

Visual Studio es uno de los programas más populares en el desarrollo de aplicaciones tanto para programadores expertos como para principiantes, dado que se pueden realizar grandes aplicaciones en poco tiempo y su aprendizaje es muy sencillo (Fig. 12).

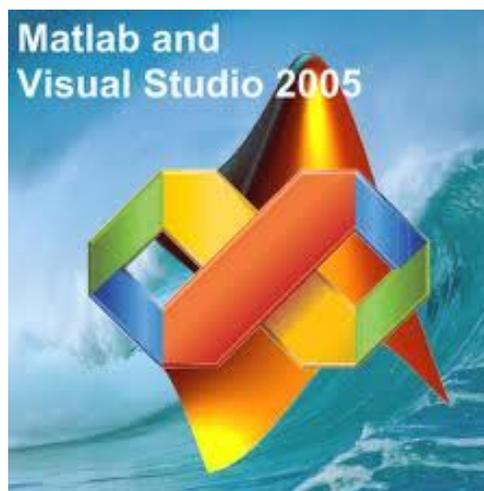


Fig. 12.- Visual studio.

# **CAPÍTULO III.**

# **11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.**

## **11.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO A DESARROLLAR.**

El Proyecto se llevó a cabo con la intención de mejorar los métodos utilizables para la potabilización del agua. El método que se tiene en la actualidad no es el mejor, porque contiene métodos o pruebas muy antiguas de potabilización, estas pruebas a su vez traen consecuencias de desperdicio de tiempo, de químicos y de servicio; el mayor perjudicado ante esto es la sociedad, con la que no cuenta con la suficiente agua potable para satisfacer sus necesidades.

El Proyecto agiliza y mejora la calidad del agua potabilizada y logra la sustentabilidad del agua a la sociedad, mediante un software de monitoreo con sensores industriales de temperatura, pH y turbidez. Y al mismo tiempo respetar las normas de potabilización del agua para el consumo humano.

El monitoreo para el desarrollo de la interfaz gráfica se lleva a cabo mediante sensores que miden el pH, la temperatura y la turbidez, los sensores obtienen datos que se están comunicando inalámbricamente mediante módulos XBee, los datos obtenidos se almacenan en una base de datos, en la cual el software tiene acceso a ellos y realiza las gráficas necesarias para poder monitorear los variables. El monitoreo se lleva a cabo en la parte de la entrada del agua bruta y en la parte de salida del agua potabilizada; en la parte inicial, el personal capacitado va a tomar decisiones con mayor tiempo de las actividades que se deben realizar para que el agua sea potabilizada y a la salida se deberá a menor tiempo si se logró la potabilización del agua, respecto a los parámetros definidos, los datos graficados se guardan en la base de datos para poder tener acceso a ellos.

## 11.2 MODELO DE PROCESO DE DESARROLLO.

El modelo usado para el desarrollo del software en este Proyecto fue el modelo en cascada. Esto debido a que este modelo es ideal para proyectos donde se comprenden bien todos los requerimientos establecidos por el cliente así como también en proyectos en que se conozcan muy bien las herramientas a utilizar. Otra de las características importantes de este modelo es que es sumamente sencillo, ya que le permite al desarrollador y al programador entender las actividades que componen dicho modelo de una forma intuitiva.

La siguiente figura muestra las fases que componen el modelo en cascada, las cuales representan el ciclo de vida del desarrollo del software (Fig. 13).

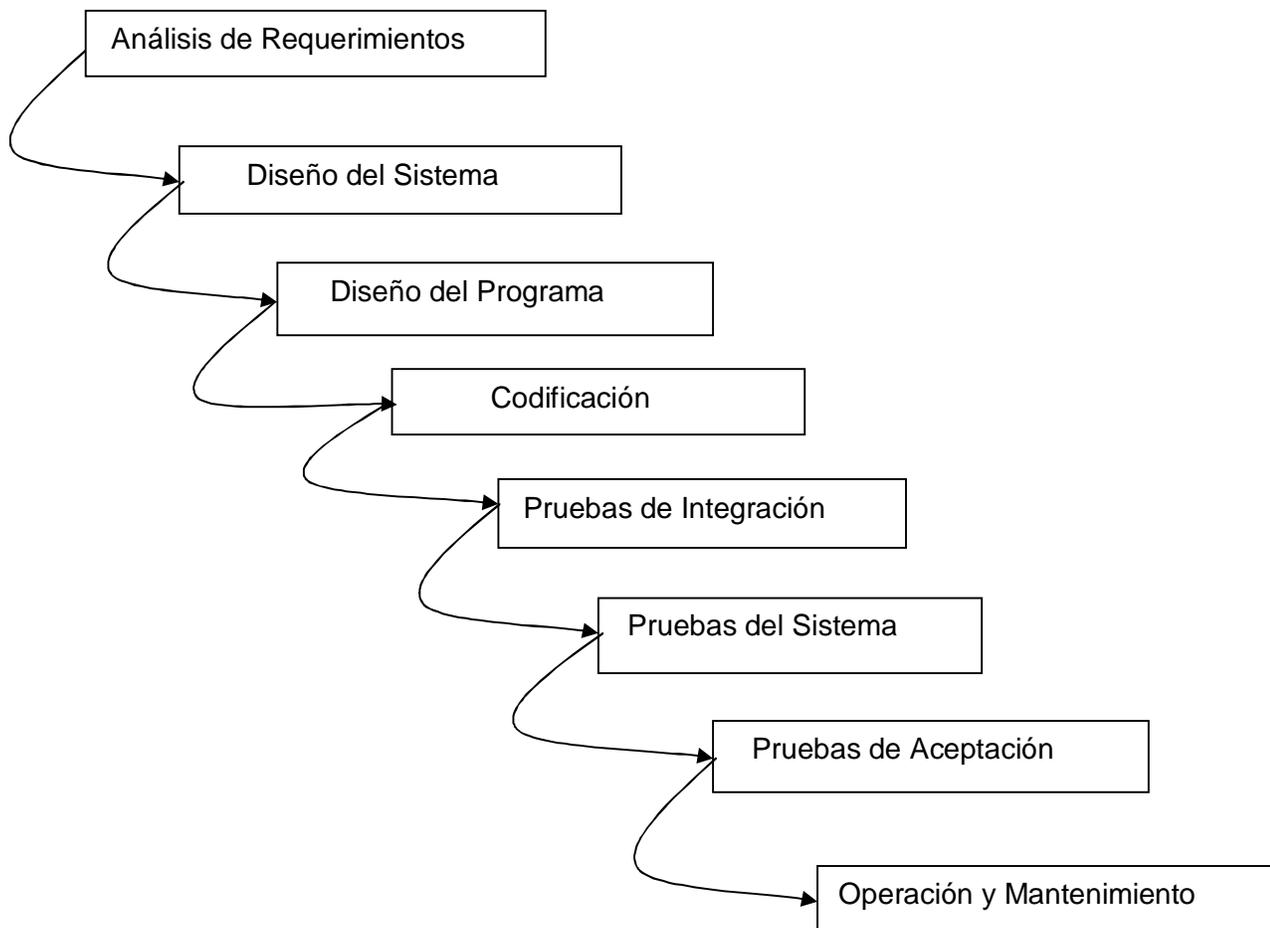


Fig. 13.- Método de cascada.

Por lo cual fue necesario identificar y analizar cuáles serían las necesidades de dicho Sistema antes de entrar a la etapa de diseño. Esto con la finalidad de determinar las etapas de trabajo y realizar planes detallados para abordar el problema.

La fase de análisis de requerimientos fue una de las etapas más importantes del desarrollo, ya que en esta etapa se realizó un análisis detallado de los requerimientos del cliente en base a un planteamiento del problema existente. Por cual fue necesario realizar visitas al Área de pruebas y conocer de manera detallada el proceso de desarrollo actual del monitoreo de las pruebas.

Después de realizar una serie de actividades durante el análisis de requerimientos, se pueden destacar los puntos más importantes encontrados durante esta fase y fueron los siguientes:

- Las pruebas se realizan de manera manual.
- El monitoreo se realiza de manera presencial.
- Las pruebas se realizan de manera muy lenta.

### **11.3 GESTIÓN DE RIESGOS.**

Un proceso formal de la gestión de riesgo requiere la aceptación corporativa del riesgo como consideración importante para el éxito del proceso. La Dirección debe apoyar las actividades de la gestión del riesgo mediante:

- Abastecimiento de personal y presupuestos adecuados (ej., herramientas y equipo).
- Asegurar que la gerencia del Proyecto reciba el entrenamiento requerido en identificar y manejar riesgos.

- Asegurar que el personal del Proyecto reciba el entrenamiento requerido en las tareas de gestión de riesgo que conducen.
- Repaso de actividades de la gestión de riesgo sobre una base periódica.

## **11.4 ANÁLISIS DE RIESGOS.**

El Proyecto se realizó con el fin de mejorar el servicio que ofrece la planta potabilizadora de agua de SMAPA, el software trabaja en conjunto con los sensores colocados en la entrada de los tanques que reciben el agua, así como en la salida, sin embargo, pueden haber ciertos generadores potenciales que favorecen la aparición de un riesgo, éstos son:

- El operador: si el operador no hace el uso correcto del software habrá riesgo de que el monitoreo no se realice de forma correcta.
- Las herramientas de trabajo: para que el software funcione, necesita un equipo de cómputo capaz de soportar el software, si la planta potabilizadora tiene una computadora muy lenta puede que el software de monitoreo no funcione correctamente.
- El software requiere de los sensores, ya que éstos son los que envían los datos obtenidos a la base de datos, en dado caso que los sensores no trabajen de forma correcta el software no podrá monitorear, pues éste obtiene los datos de una base de datos que el sensor guarda en la raíz de la máquina.
- El proceso: el software necesita un constante mantenimiento, si éste no lo tiene puede que el software presente fallas.
- Eventos externos: pueden ocurrir fallas en energía eléctrica, fallas en equipo de cómputo, fallas en conexiones de red, etc.

## 11.5 CASOS DE USO.

### 11.5.1.- CASO DE USO DEL MONITOREO DE LA PLANTA POTABILIZADORA.

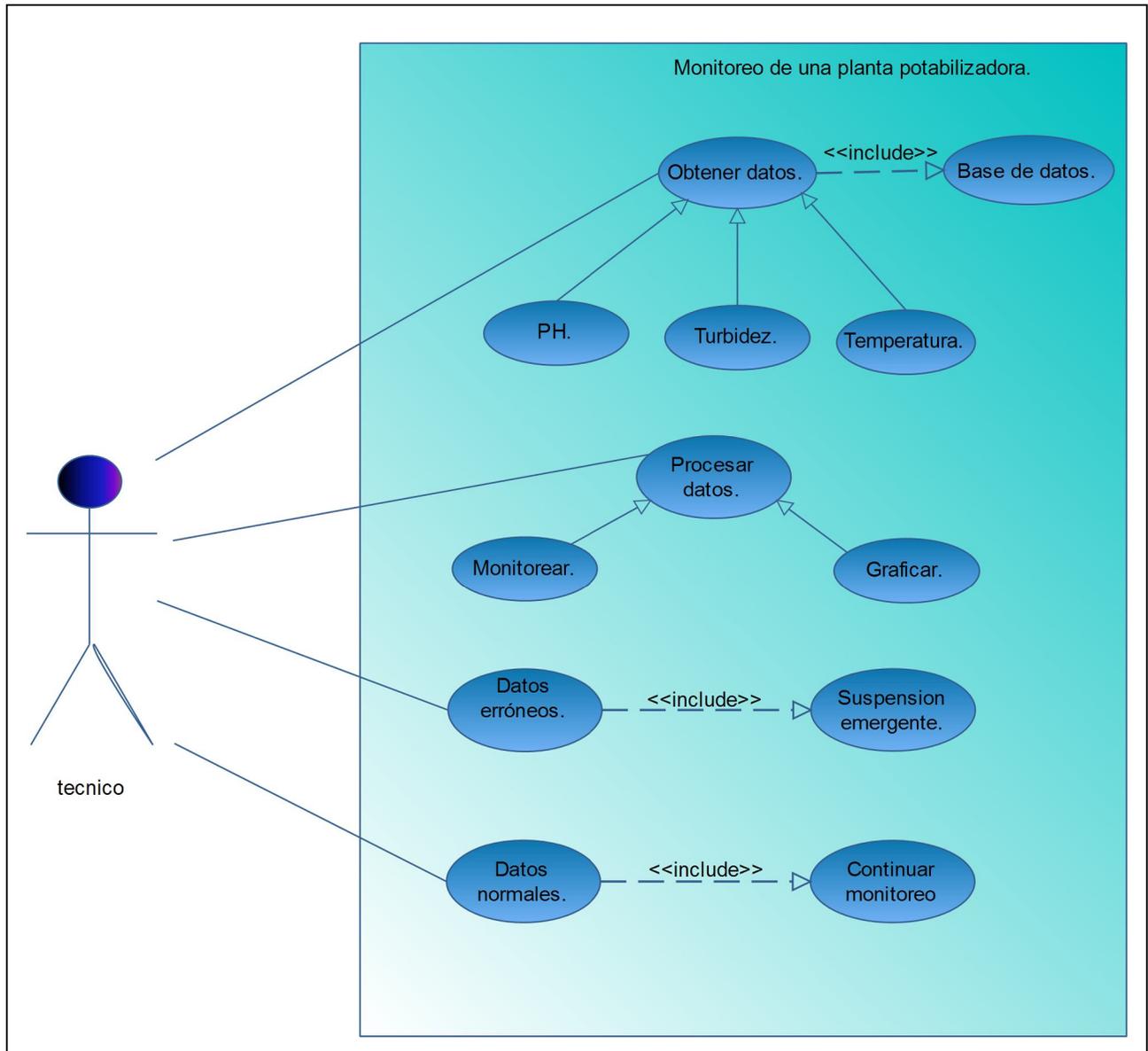


Fig. 14.- Casos de uso.

**11.5.2.- DIAGRAMA DE ESTADOS PARA EL MONITOREO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE SMAPA.**

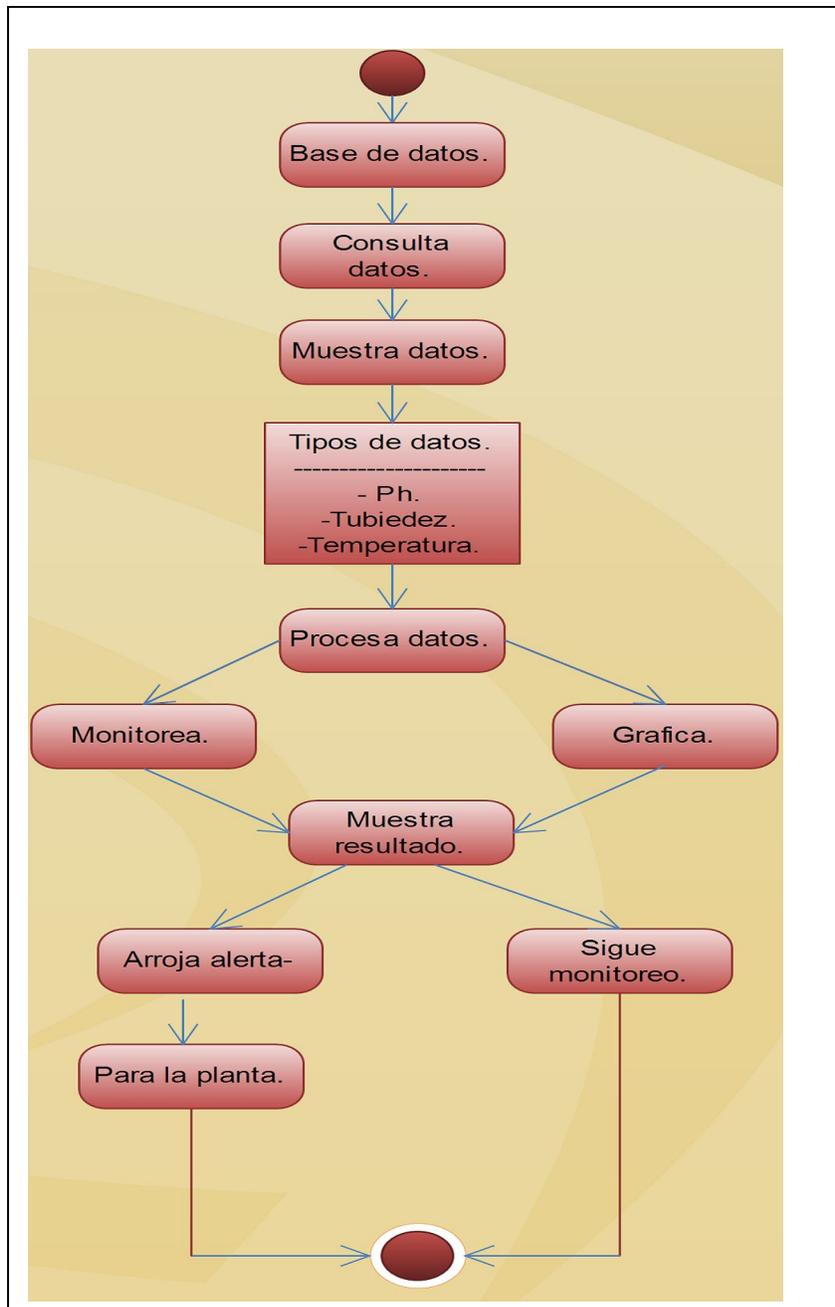


Fig. 15.- Diagrama de estados.

### 11.5.3.- DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL SISTEMA DE MONITOREO.

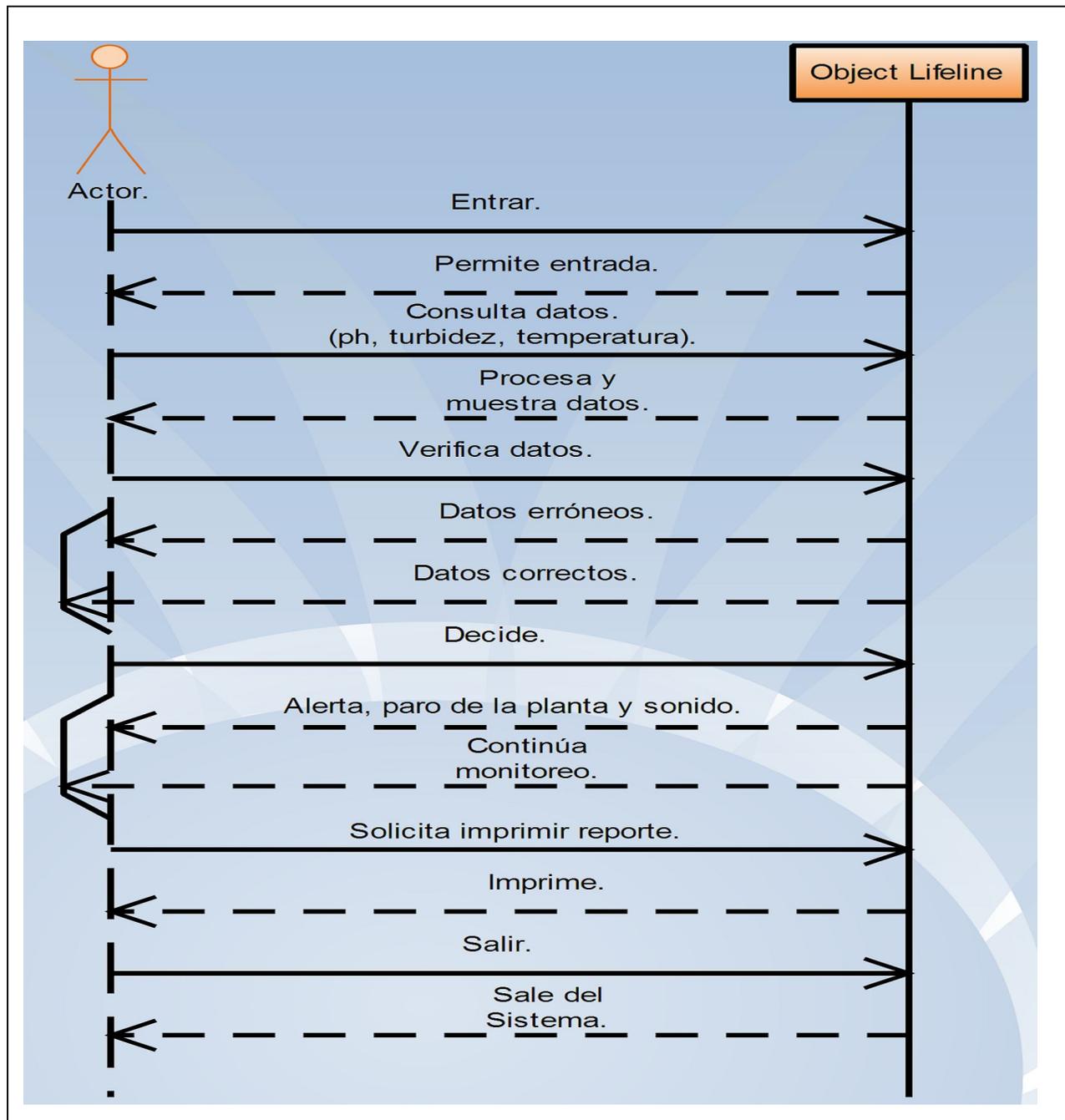


Fig. 16.- Diagrama de secuencia.

**11.5.4.- DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA  
IMPLANTADO EN PLANTA POTABILIZADORA DE SMAPA.**

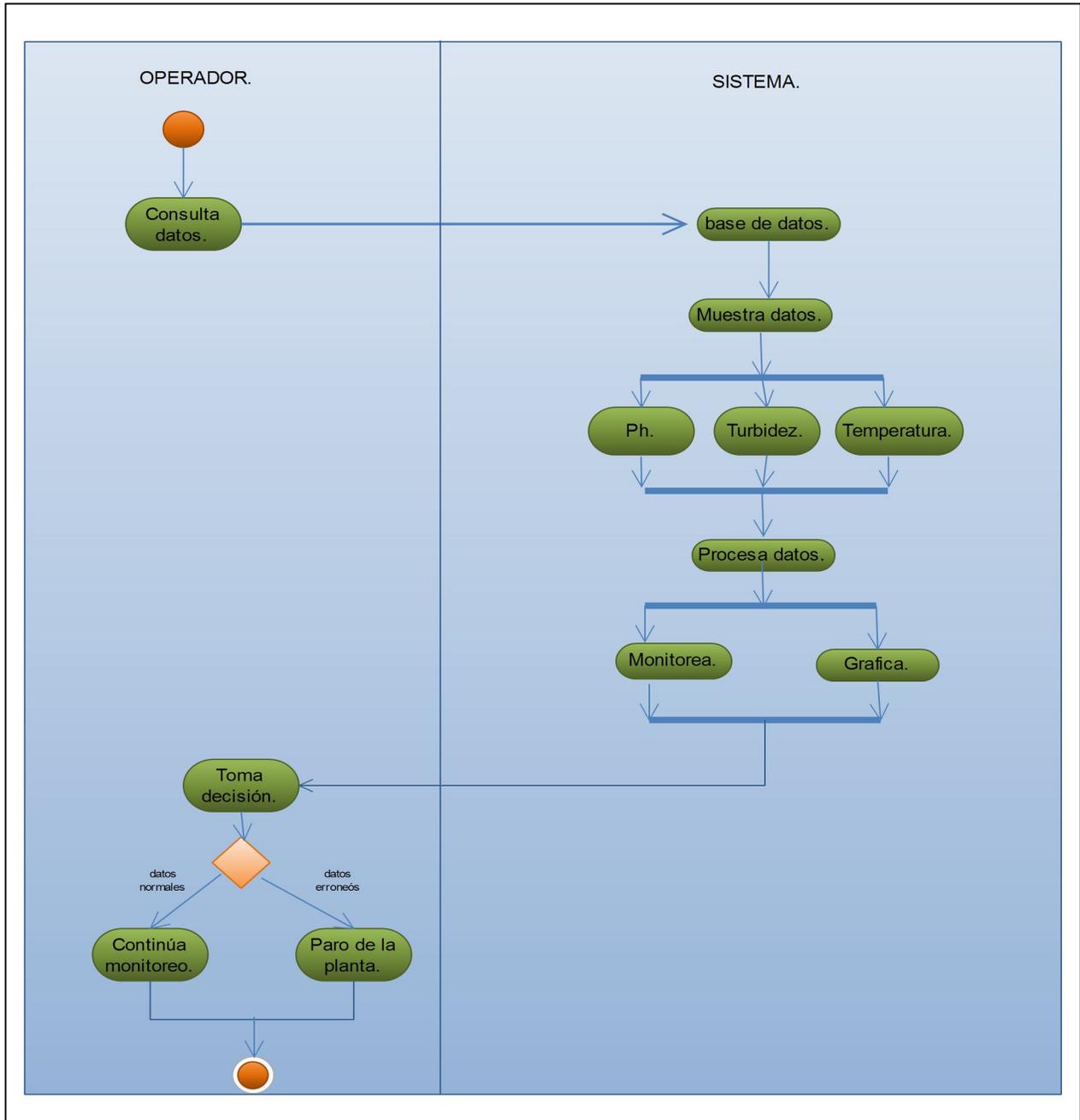


Fig. 17.- Diagrama de actividades.

# **CAPÍTULO IV.**

## 12. RESULTADOS, PLANOS, GRÁFICAS Y PROGRAMAS.

### 12.1 DISEÑO DE INTERFAZ.

#### 12.1.1 PANTALLA DE BIENVENIDA.

En esta pantalla (figura 18) existen tres opciones: **Variables de entrada**, **Variables de salida** y **Salir**.

La opción: **Variables de entrada** manda a una segunda pantalla (figura 19), donde se monitorean datos que no han sido procesados en la planta potabilizadora.

La opción: **Variables de salida** manda a una tercera pantalla (figura 25), donde se monitorean datos que ya fueron procesado por la planta potabilizadora de agua.

La opción: **Salir** sirve para dejar de utilizar el Sistema.

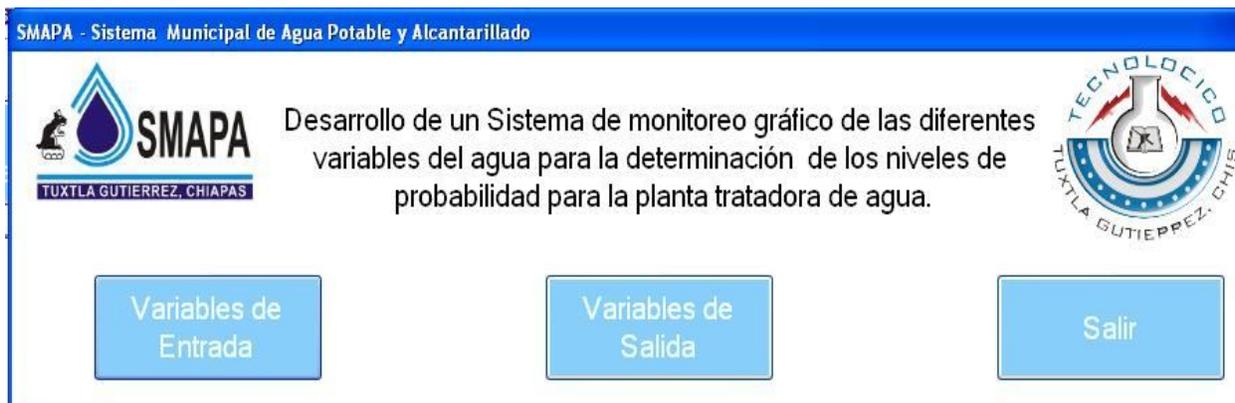


Fig. 18.- Sistema de monitoreo

## 12.1.2 VARIABLES DE ENTRADA.

Al darle clic en la opción: **Variables de entrada**, el Sistema muestra la pantalla de la figura 19. En cada recuadro azul se ve reflejado el monitoreo del pH, de la turbidez, y de la temperatura.

Al lado de cada variable también se muestran los datos que se están obteniendo de la base de datos en Access.

Esta ventana tiene un menú de 4 opciones: **Archivo**, **Configuración**, **Graficar** y **Ayuda**. Aquí se observa lo que despliega la opción **Archivo**, el cual muestra un menú de 3 opciones: **Iniciar muestreo**, **Detener muestreo** y **salir**; al darle clic en cualquiera de ellos, se realiza lo que ahí dice.

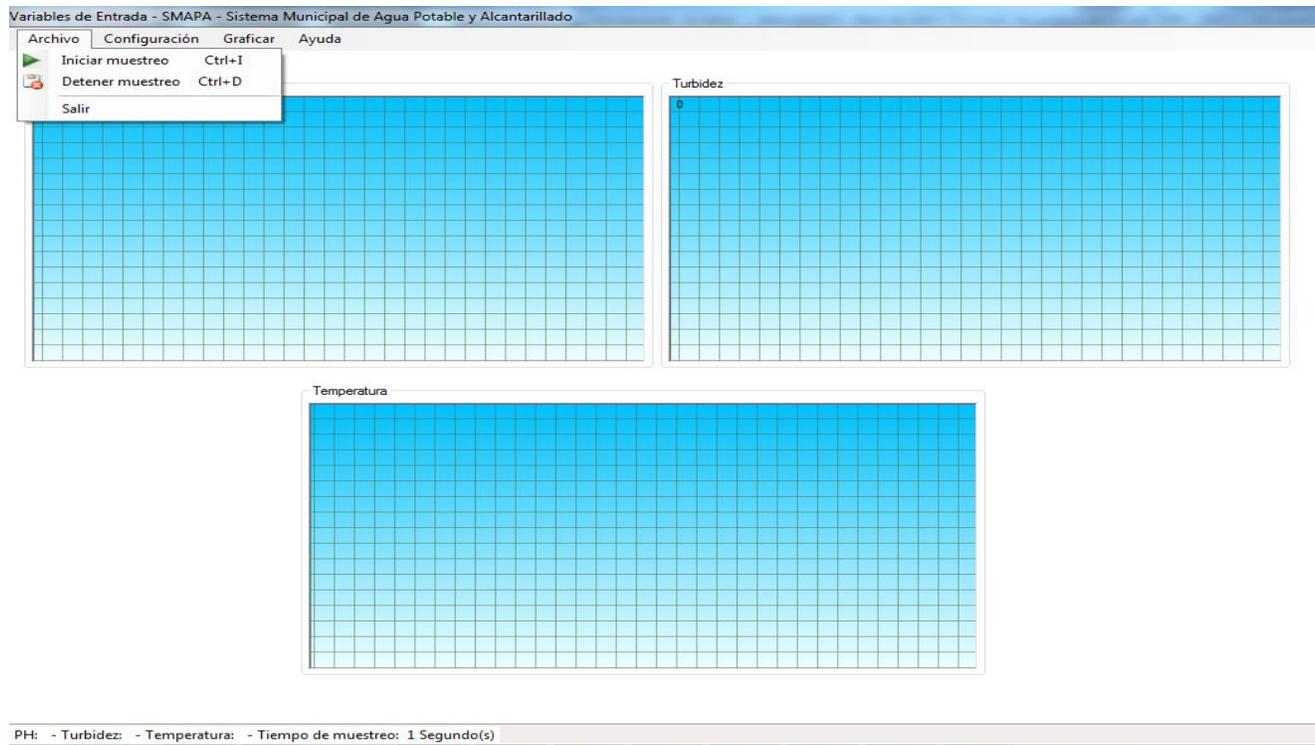


Fig. 19.- Variable de entrada.

Al darle clic en **Iniciar muestreo**, muestra la figura 20.

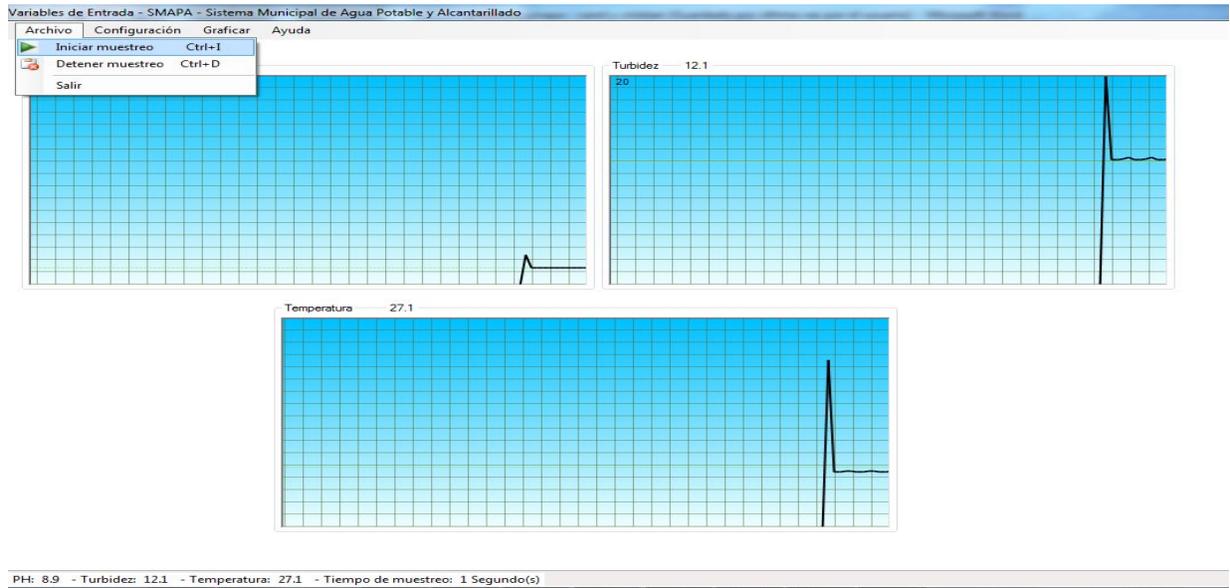


Fig. 20.- Monitoreo de las variables de entrada.

En la opción de **Configuración** muestra la pantalla de establecer tiempo de muestreo y se describe en el subtema 12.1. 7(Fig. 26), la opción de **Graficar** muestra un reporte de las variables que se están monitoreando, ésto se describe en el subtema 12.1.8 (fig. 27).

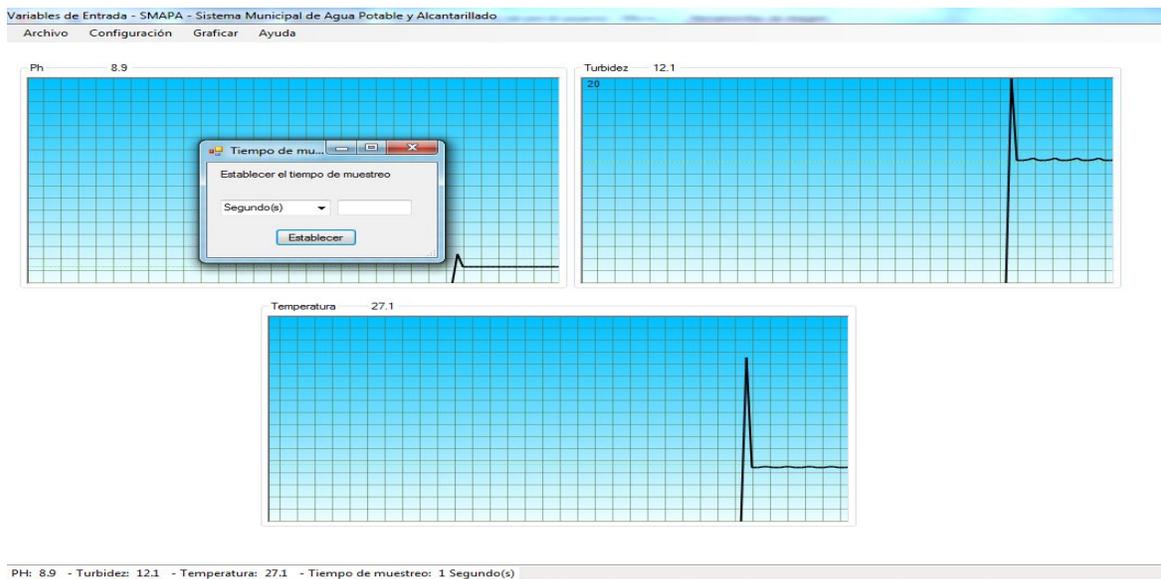


Fig. 21.- Tiempo de muestreo de las variables de entrada.



## 12.1. 4.- ALARMA DE PREVENCIÓN DE LOS DATOS.

Para poder notar las alarmas, se utilizan 3 colores: **azul, amarillo y rojo**.

### 12.1.4.1 ALARMA AZUL Y AMARILLA.

En la figura 23, la pantalla del pH está de color azul, lo cual indica que los datos están regulares; la pantalla de turbidez está de color amarillo, lo cual indica que los datos empiezan a salirse de los parámetros.

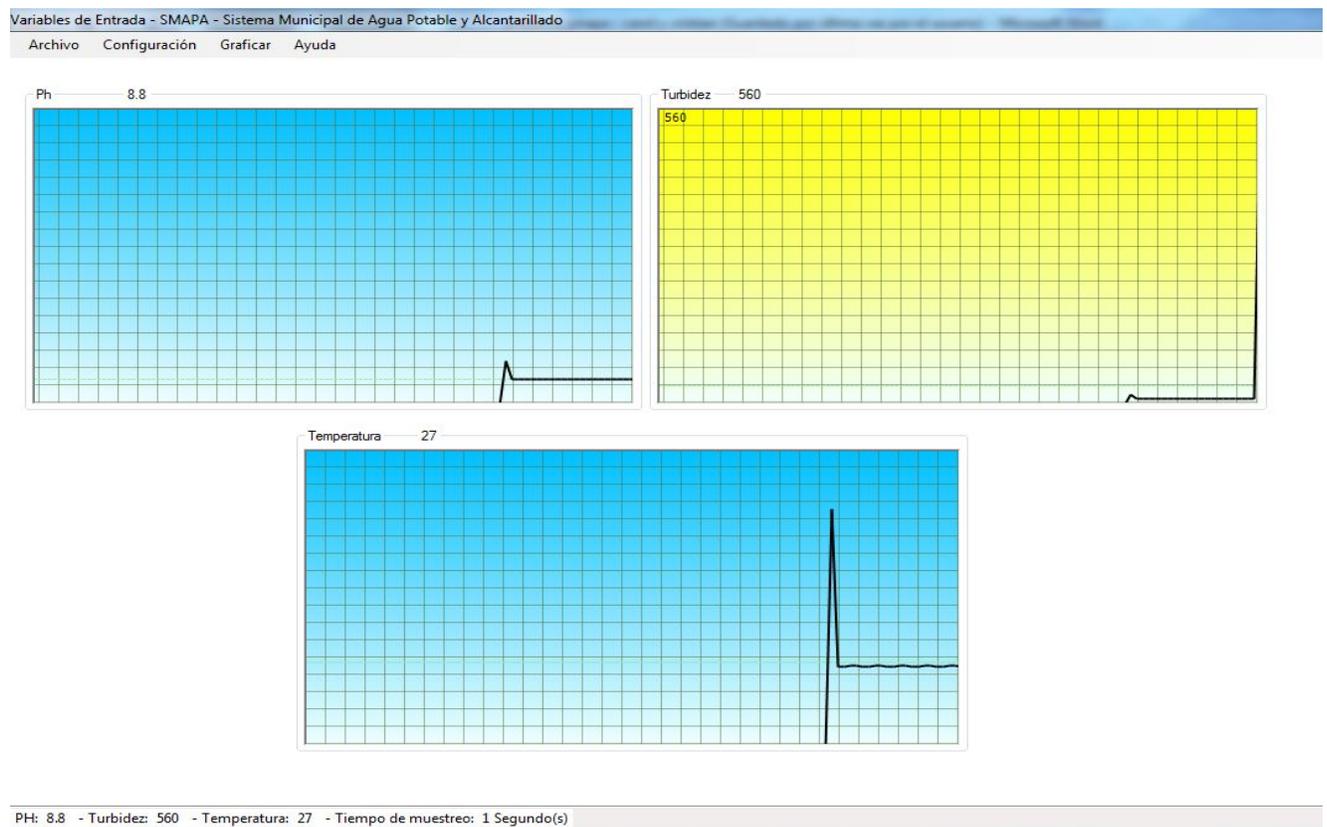


Fig. 23.- Alarma 1.

### 12.1.4.2 ALARMA ROJA.

En la figura 24, se puede observar el color de la alarma en rojo, que es cuando los datos de la planta potabilizadora se han excedido de los parámetros.

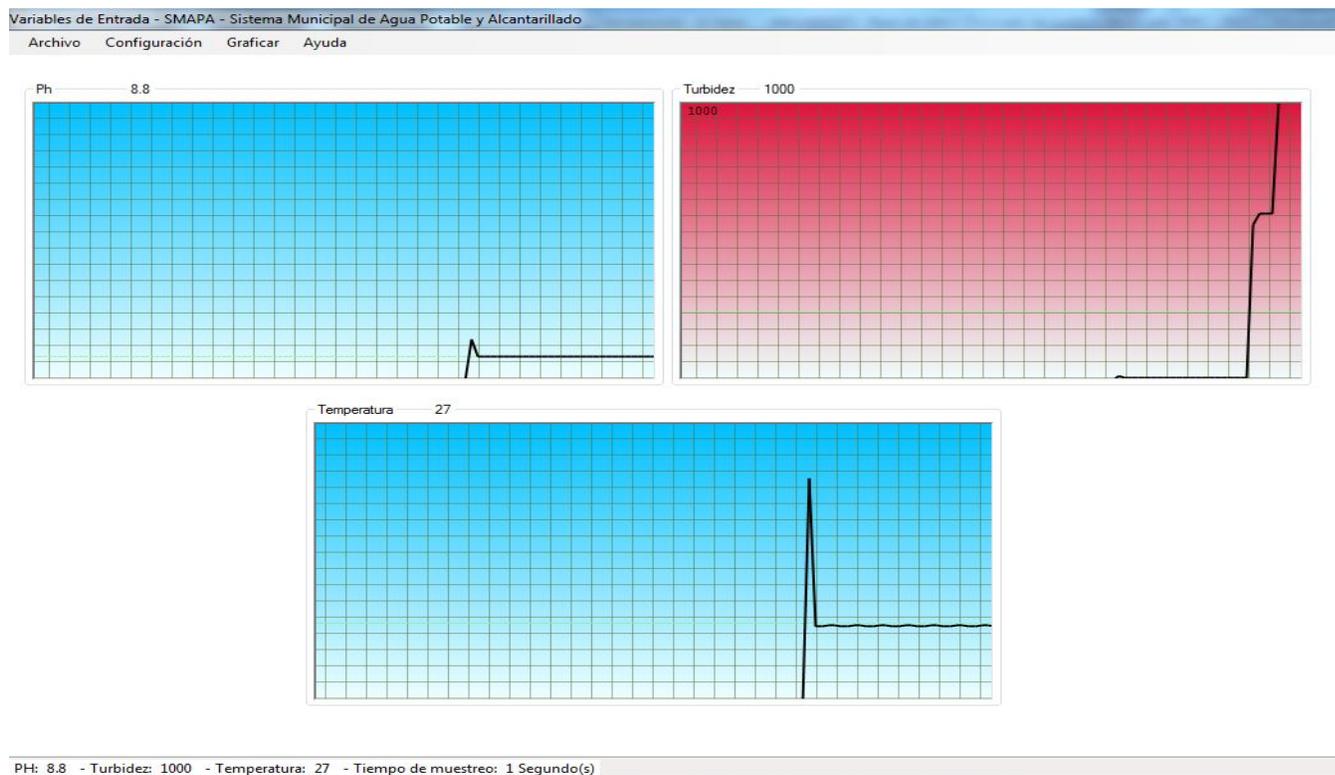


Fig. 24.- Alarma 2.

### 12.1.5 VARIABLES DE SALIDA.

Al darle clic en la opción: **Variables de salida**, el Sistema muestra la pantalla de la figura 25. En cada **recuadro azul** se ve reflejado el monitoreo del pH, de la turbidez y de la temperatura del agua potabilizada en la planta de SMAPA.

Esta ventana contiene un menú con 4 opciones: **Archivo, Configuración gráfica y Ayuda**, que realizan lo que ahí dice.

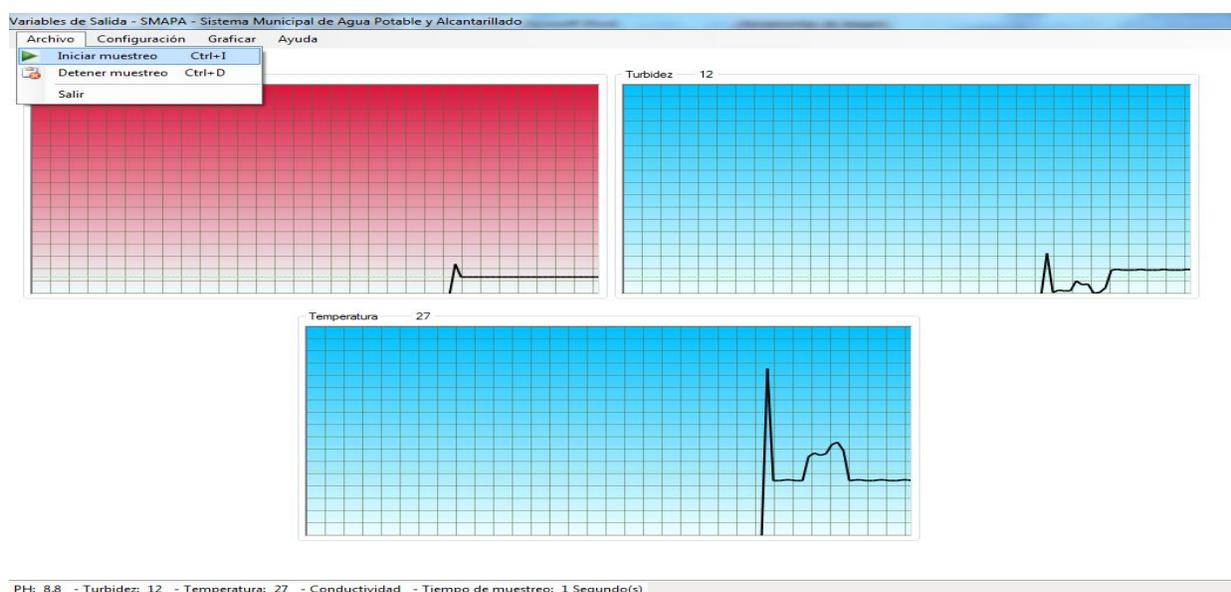


Fig. 25.- Variables de salida.

### 12.1.6 VENTANA DE ESTABLECER TIEMPO DE MUESTREO.

Esta ventana permite establecer un rango de tiempo de muestreo en el monitoreo de las variables que se han venido mencionando, los rangos de tiempos que se pueden definir van desde segundos hasta horas, ésto con la finalidad que el usuario tenga diferentes alternativas de rango de tiempo para mejor la precisión en el monitoreo de las variables en la planta potabilizadora y así poder tomar mejores decisiones (Fig. 26).



Fig. 26.- Establecer tiempo.

### 12.1.7.- GRÁFICA DE LOS DATOS MONITOREADOS.

En las ventanas de **Variables de entrada** y **Variables de salida**, se cuenta con la opción de Graficar, como se puede observar en la figura 27.

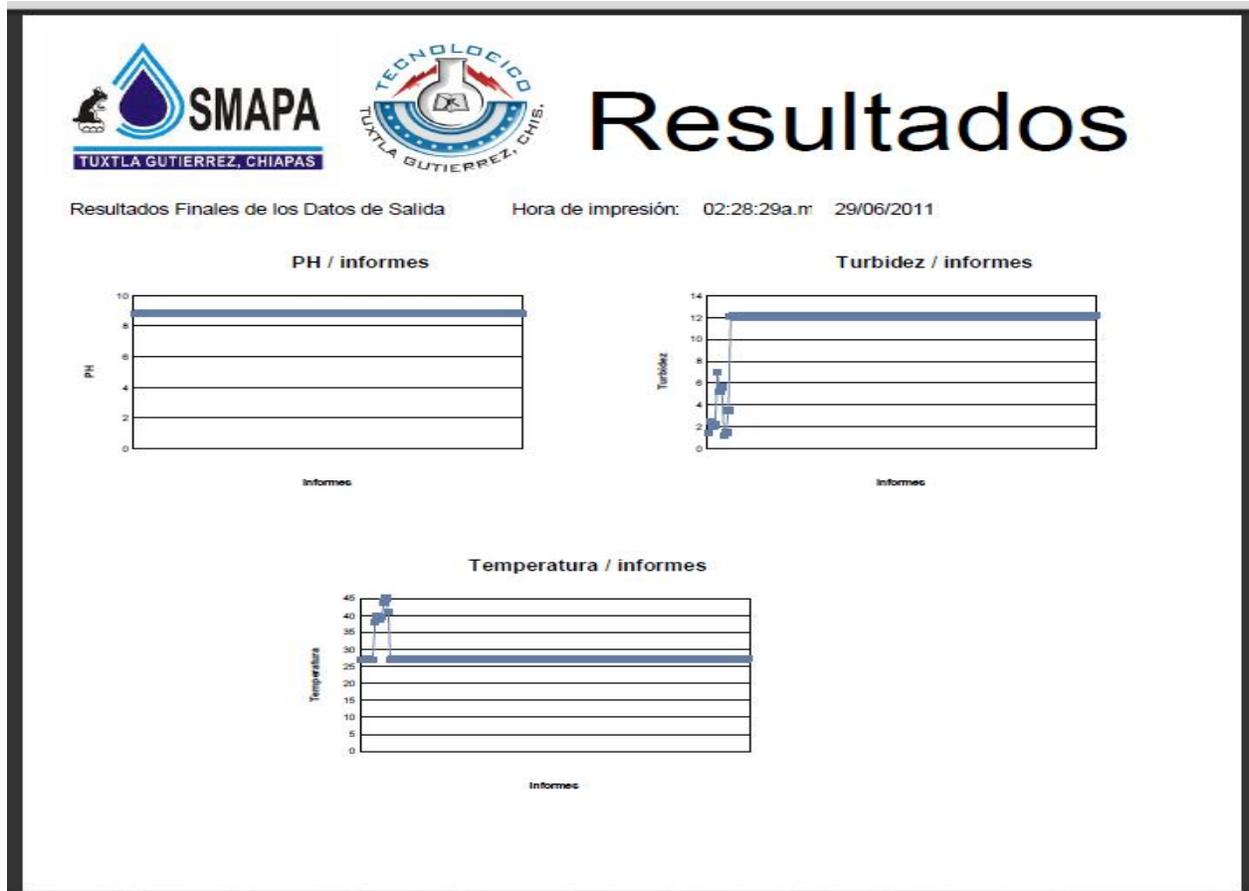


Fig. 27.- Gráficas del Sistema.

Estas gráficas son el resultado de los datos que se encontraron en la base de datos Access, de las tres variables con las que se están trabajando.

## 12.2 DIAGRAMA A BLOQUES.

### 12.2.1 DIAGRAMA A BLOQUES GENERAL.

Este Proyecto se llevó a cabo con el diagrama a bloques que se muestra en la figura 28, se hicieron las conexiones necesarias con la intención de que se realice de forma automatizada lo que hasta hoy se ha hecho de forma manual, se tomaron en cuenta las variables a censar, las cuales son: la temperatura, la turbidez y el pH. Este Sistema es capaz de censar cada una de estas variables y mediante los módulos colocados se pueden leer dichos datos arrojados por los sensores, pasando esos datos a un software de monitoreo.

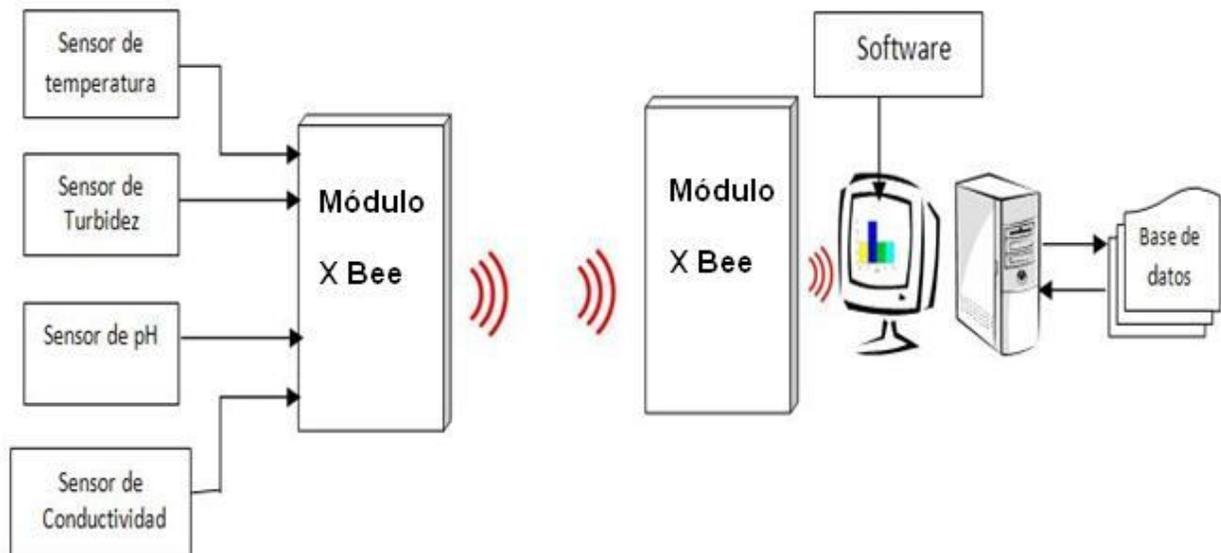


Fig. 28.- Diagrama a bloques general.

## 12.2.2 DIAGRAMA A BLOQUES ESPECÍFICO.

El software de monitoreo se llevó a cabo mediante el siguiente diagrama a bloques específico (Fig. 29).

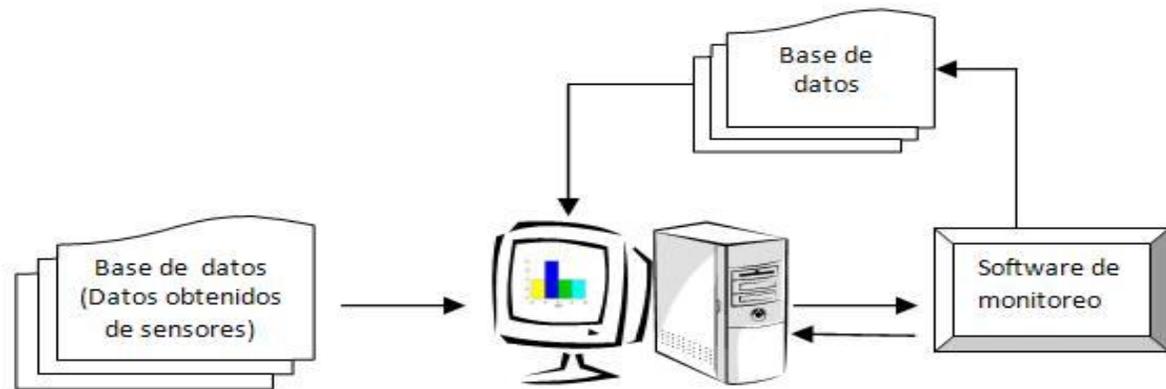


Fig. 29.- Diagrama a bloques específico.

## 12.3 METODOLOGÍA.

La lógica difusa es una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar información con alto grado de imprecisión, en esto se diferencia de la lógica convencional que trabaja con información bien definida y precisa.

Esta metodología proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta, en general la lógica difusa imita cómo una persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos (Fig. 30).

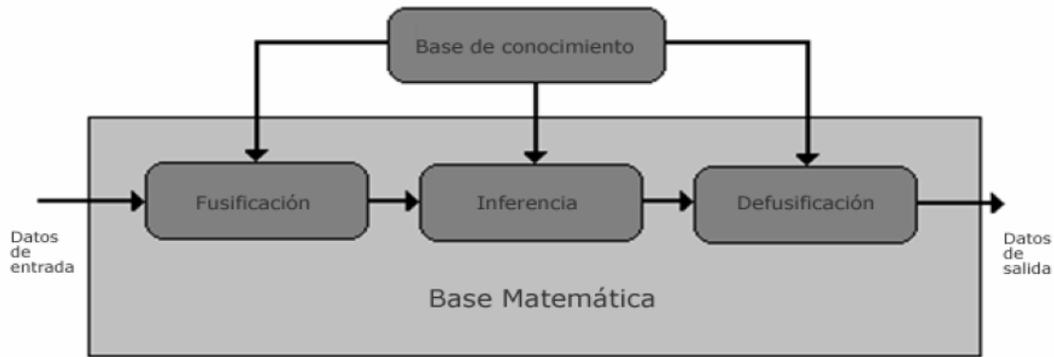


Fig. 30.- Lógica difusa.

### 12.3.1 FUSIFICACIÓN.

La Fusificación tiene como objetivo convertir valores reales en valores difusos, en la fusificación se asignan grados de pertenencia a cada una de las variables de entrada con relación a los datos difusos previamente definidos utilizando las funciones de pertenencia asociadas a los datos difusos.

### 12.3.2 BASE DE CONOCIMIENTOS.

La base de conocimientos contiene el conocimiento asociado con el dominio de la aplicación y los objetivos del control. En esta etapa se deben definir las reglas lingüísticas de control que realizarán la toma de decisiones que decidirán en la que debe actuar el Sistema.

### 12.3.3 INFERENCIA.

La inferencia relaciona los datos difusos de entrada y salida para representar las reglas que definirán al Sistema. En la inferencia se utiliza la información de la base de conocimientos para generar reglas mediante el uso de condiciones.

## 12.4 DIAGRAMA GRÁFICO DE PROCESOS.

Este es un diagrama general del Proyecto (figura 31) para la planta potabilizadora de SMAPA, el cual funciona de la siguiente manera, los sensores están conectados a módulos Xbee, éstos se comunican de forma inalámbrica con el otro módulo Xbee que está conectado a la computadora, estos datos son guardados en la base de datos Access, el Sistema obtiene esos datos y los procesa, realizando el monitoreo de las variables y de acuerdo a los resultados el operador toma una decisión.

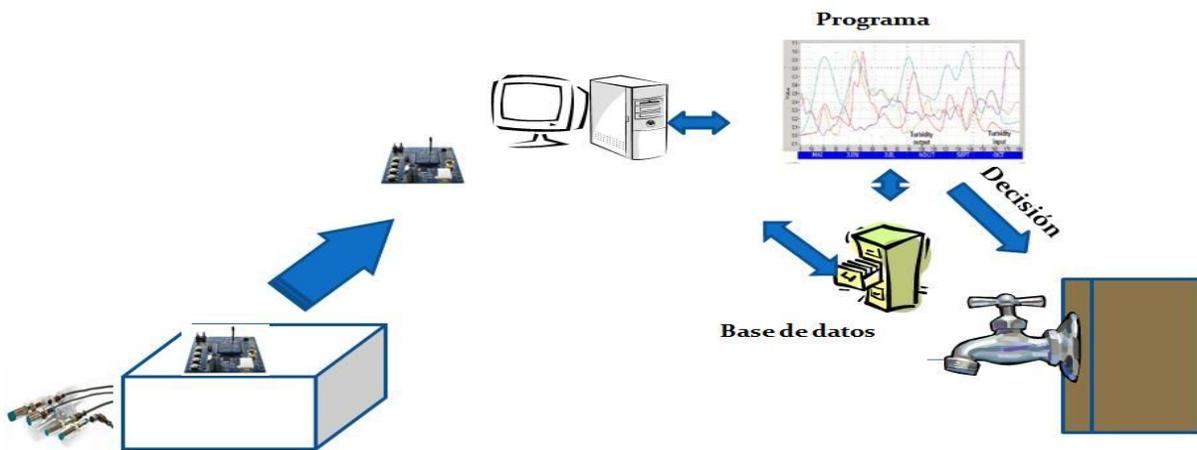


Fig. 31.- Diagrama gráfico.

## 12.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO.

Este Proyecto se realizó para proporcionar una nueva herramienta que permita el monitoreo automatizado, que presentara los valores obtenidos durante un determinado tiempo de monitoreo, los datos son generados a través de sensores que se han instalado en la planta potabilizadora, estos sensores están conectados a módulos xbee, estos módulos transmiten los datos a otros módulos inalámbricamente, el último módulo transmite los datos a una computadora donde se almacenan en una base de

datos, donde se guarda la fecha, la hora y los datos obtenidos de las variables por los sensores.

Los componentes que se necesitan para la implementación del software de monitoreo son, sensores industriales; para el procesamiento, representación y el almacenamiento de la información obtenida, se utiliza la plataforma de programación Microsoft Visual Studio 2005 y Access.

El programa funciona de acuerdo a los datos que son monitoreados con los sensores, monitorea estos datos y si detecta una irregularidad, manda una alarma y el operador encargado de esta Área toma las decisiones que sean convenientes y necesarias para corregir esta irregularidad.

Los datos monitoreados son guardados nuevamente en una base de datos para poder tener acceso a ellos fácilmente y poder tener un historial del comportamiento del agua en la planta.

## **12.6 MODELO MATEMÁTICO.**

### **12.6.1 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DE ENTRADA.**

Tener una buena calidad del agua requiere de un proceso de potabilización, dentro del proceso de potabilización se toman en cuenta varias variables, estas variables deben de cumplir con los valores estrictos de la calidad del agua para que sea de consumo humano.

Al realizar un software de monitoreo se deben de tener en cuenta qué variables se requieren monitorear, pues si se van a manejar alarmas, se necesita saber cuáles son los valores que cada variable debe de cumplir para saber si el agua es potable o no.

### 12.6.1.1 TEMPERATURA

La temperatura del agua es un parámetro importante para la producción de agua potable. Las características físicas del agua dependen de su temperatura. Cualquier variación de la misma afecta no solamente el proceso, si no que también el diseño y el funcionamiento de los equipos.

Para una buena calidad del agua se requiere de una temperatura de 25 ° C. Los límites de calidad para las aguas dulces superficiales para producir agua potable, son 22 ° C como valor de referencia, con un valor límite absoluto de 25 ° C. La temperatura ideal para beber está entre 12 y 15 ° C.

Este es el aparato que se utiliza para la medición de la temperatura en la planta potabilizadora SMAPA, indica dos datos, porque este aparato mide el pH y la temperatura. Se toma muestra del agua entrante de la planta y se coloca en el aparato para efectuar las mediciones (Fig. 32).



Fig. 32.- Medidor de temperatura.

Este es el modelo matemático que se utiliza en el programa para medir los parámetros de temperatura adecuados para la potabilización del agua.

if (Temperatura >= 39 && Temperatura <= 45)

```
    perfChart2.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.Crimson else  
    perfChart2.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.DeepSkyBlue;
```

### 12.6.1.2 PH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de un líquido. Varía de 0 a 14, los valores aceptables para el agua potable es de 6.5 a 8.5. Esto puede limitar la intensidad de los depósitos de sarro con agua y la intensidad de la corrosión del agua demasiado ácida. Valores por debajo de pH 7 indican que las aguas son ácidas y el valor de 7 representa la neutralidad. El pH tiene generalmente un efecto directo sobre la salud, por lo que es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua debido a su influencia sobre la corrosión y sobre la eficacia de los procesos de tratamiento de agua (en particular, la aclaración de la coagulación y la desinfección con cloro).

Como ya se había indicado anteriormente, este aparato tiene la funcionalidad de medir el pH, en la parte del tubo 1 es donde se colocan las muestras para obtener los datos (Fig. 33).



Fig. 33.- Medidor de pH.

El modelo matemático que se utilizó en el código es el siguiente.

```
if (PH >= 8 && PH <= 10)
    perfChart.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.Crimson;

else
    perfChart.PerfChartStyle.BackgroundColorTop=Color.DeepSkyBlue;
```

Esta parte del código sirve para definir los rangos de las alarmas visuales.

### 12. 6.1.3 TURBIDEZ.

La turbidez es una medida de la cantidad de material muy fino en suspensión en el agua. La turbidez excesiva es indeseable para el usuario, por razones estéticas, también puede ser un problema de salud, ya que puede proteger a los microorganismos (incluyendo bacterias) en contra de la desinfección con cloro. De todos modos, el agua clara es símbolo de que el agua está limpia, por lo que dentro de la potabilización es importante quitar lo mejor posible la turbidez.

En la figura 34 se muestra el turbidímetro que los trabajadores del Laboratorio de SMAPA, utilizan para la medición de la turbiedad del agua, éste funciona colocando muestras en frascos especiales para poder ser leídos por el aparato y arrojados en Unidad Nefelometrica de Turbiedad (NTU).



Fig. 34.- Turbidímetro.

El modelo matemático que se utilizó en el programa es el siguiente. En este caso se utilizaron dos condiciones para la entrada y salida.

```
if (Turbidez >= 50 && Turbidez <= 999)
    perfChart1.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.Yellow; else if
(Turbidez > 999)
    perfChart1.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.Crimson;
else
    perfChart1.PerfChartStyle.BackgroundColorTop = Color.DeepSkyBlue;
```

## **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **13.1 CONCLUSIONES.**

Se ha presentado en este Proyecto el diseño y la implementación de un Sistema de monitoreo de las variables de pH, de turbidez y de temperatura para la planta potabilizadora de SMAPA. El cual tiene como objetivo proveer una herramienta que permita visualizar los resultados de las variables en tiempo real o en un determinado rango de tiempo, ésto se realiza gracias al Sistema de monitoreo que se implementó en el Laboratorio donde se estarán recibiendo los datos en la base de datos Access.

Cabe señalar que el desarrollo de esta herramienta es para cumplir los objetivos antes plasmados, para automatizar el proceso actual de monitoreo manual de las variables que se procesan en la planta potabilizadora.

Durante este proceso se encontró, que existen otras soluciones en el mercado con características similares que pudieran aportar soluciones a este problema. Pero la particularidad de este Proyecto es que se realizó con la finalidad de resolver los problemas específicos de una planta potabilizadora. Con esto no se quiere decir que la solución propuesta es la mejor, pero sí la óptima que se encontró durante este proceso de desarrollo.

Otra de las opciones con que cuenta este Proyecto, es la graficación de los datos por día, de las variables que se están tratando. Esto se lleva a cabo mediante la base de datos de Access, que es donde se estarán almacenando los datos que arrojan los sensores.

Otra de las aplicaciones que tiene el Sistema, es que el maquinista puede cambiar el tiempo de monitoreo de las variables de entrada o salida, teniendo rangos de segundos, minutos u horas.

Se puede decir que el Sistema aporta un gran paso a la planta potabilizadora de agua ya que como se nos fue informado, el agua constantemente sufre cambios en sus compuestos, así que es más fácil detectar alguna irregularidad en sus cambios gracias a la implementación de las alarmas visuales en la salida de los datos y en la entrada a una variable en particular que es la de turbidez.

Es importante mencionar que el Sistema será implementado cuando los sensores sean probados e implementados en la planta potabilizadora SMAPA, en este caso se realizaron pruebas simultáneas con datos históricos de la planta en presencia de personal a cargo del Área en que se trabajó, los cuales externaron un punto de vista satisfactorio, así como un oficio de aceptación de los resultados que se tuvieron, donde señalaron los beneficios que proporciona el software.

La variable conductividad ya no se implementó en el software, por motivos que no se pudo comprar el sensor para esa variable por falta de recursos de la planta potabilizadora de SMAPA.

Otro de los motivos fue que en el Laboratorio de SMAPA se nos pidió que no se implementara ya que no es una variable que sea tomada en cuenta para la potabilización del agua.

## **13.2 RECOMENDACIONES.**

Un punto a mejorar del Sistema es que el monitoreo pueda ser reflejado en una página web, con lo cual se podría realizar un monitoreo a distancia, lo que permitiría a los especialistas tener información aún cuando no estén físicamente en la planta potabilizadora.

Otro de los puntos importantes en los que el software puede ser mejorado es con la implementación de una variable nueva, la de “color verdadero del agua”, la cual influye en la potabilización del agua, ésto se logrará implementar si compran el sensor para esta variable y se ponga en los módulos Xbee para lograr el almacenamiento de esos datos y poder ser procesados.

# ANEXOS

## CÓDIGO FUENTE DEL SISTEMA DE MONITOREO.

```
namespace SimplePerfChart
{
    public partial class Principal2 : Form // declaracion de las variables del sistema
    {
        String strConexion;
        OleDbConnection cnnConexion;
        OleDbCommand cmdTema;
        String mySelect;
        OleDbCommand myCommand;
        OleDbDataReader myReader;

        public Principal2()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
```

En este metodo declaramos las variables y convertimos los datos que ellas tienen para poder realizar el monitoreo.

```
public void ObtenerRegistro()
{
    decimal PH, Turbidez, Temperatura, Conductividad; // declaracion de variables decimales

    myReader.Read();
    PH = Convert.ToDecimal(myReader["PH"]);
    Turbidez = Convert.ToDecimal(myReader["Turbidez"]);
    Temperatura = Convert.ToDecimal(myReader["Temperatura"]);
    Conductividad = Convert.ToDecimal(myReader["Conductividad"]);
}
```

```

perfChart.AddValue(PH);
perfChart1.AddValue(Turbidez);
perfChart2.AddValue(Temperatura);
perfChart3.AddValue(Conductividad);

mlbPH.Text = "" + PH;
mlbTurbidez.Text = "" + Turbidez;
mlbTemperatura.Text = "" + Temperatura;
mlbConductividad.Text = "" + Conductividad;

lbPH.Text = "" + PH;
lbTurbidez.Text = "" + Turbidez;
lbTemperatura.Text = "" + Temperatura;
lbConductividad.Text = "" + Conductividad;
}

```

Este metodo es para detener el muestreo de las variables cuando el operador desee.

```

private void detenerMuestreoToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (Temporizador.Enabled == false)
        MessageBox.Show("La aplicación ya se encuentra detenida", "ITTG",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
    else
        Temporizador.Enabled = false;
}

private void acercaDeToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Acercade acercade = new Acercade();
    acercade.ShowDialog() }
}
}

```

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Vicente J, Olgún J (2008). Adquisición de Datos de un Perl de Temperatura y (Tesis de Ingeniero en electrónica y computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez).

[2] García F (2007). SISTEMA REMOTO DE MONITOREO AMBIENTAL (Tesis de ingeniero mecatronico, Universidad Nacional de Ingeniería).

[3] Virginia M (2009). Sensores Uso Industrial. Consultado en 11 Viernes 2009 en [http://www.emersonprocess.com/MEXICO/resources/products/Manual%20Emerson%20P.M/Archivos %20Divididos](http://www.emersonprocess.com/MEXICO/resources/products/Manual%20Emerson%20P.M/Archivos%20Divididos)

[4] López L, Carrasco L (2007). Software de Control y Monitoreo de una Cámara Infrarroja (Tesis de ingeniero en electrónica, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica).

[5] Fulvio E (2008). calidad del agua. . Consultado en 11 jueves 2009 en [http://www.aguacam.com/materiales/pdf/aguamediterraneo/el\\_control\\_de\\_calidad\\_del\\_agua.pdf](http://www.aguacam.com/materiales/pdf/aguamediterraneo/el_control_de_calidad_del_agua.pdf).

[6] Troncoso W (2004). Monitoreo y Seguimiento del Agua (Tesis de investigaciones Hidrología, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

[7] Lawrence Peeger, Shari. (2002). Ingeniería de Software Teoría y Práctica. Buenos Aires, Argentina, PEARSON EDUCATION S.A.

[8] Schach, Stephen R. (2006). Ingeniería de Software Clásica y Orientada a Objetos México, D.F., Mc Graw Hill.

[9] Viera Chile Imeris (1997) Sistema de Adquisición. Recuperado junio 30, 2008 <http://www.monograas.com/trabajos17/sistemas-adquisicion-dato/sistemas-adquisicion-dato.shtml>.



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

DIRECCIÓN  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., 26/MARZO/2012

OFICIO DEP-CT-059 -2012

**C. CAROL JAQUELINE LEÓN GÓMEZ**  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES  
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.  
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la liberación del informe técnico del proyecto denominado:

**"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO GRÁFICO DE LAS DIFERENTES VARIABLES DEL AGUA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE POTABILIDAD PARA LA PLANTA TRATADORA DE AGUA"**

Y en cumplimiento con los requisitos normativos para obtener el Título Profesional, comunico a usted que se **AUTORIZA** la impresión del Trabajo Profesional.

Sin otro particular quedo de usted reiterándole mis más finas atenciones.

**ATENTAMENTE**  
*"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"*

**ING. ROBERTO CIFUENTES VILLAFUERTE**  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.  
C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares  
C.c.p.- Expediente  
I'RCV/L'ORC



Secretaría de Educ. Pública  
Instituto Tecnológico  
de Tuxtla Gutiérrez,  
Div. de Est. Profesionales

Carretera Panamericana Km.1080, . C.P. 29050, Apartado Postal 599  
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87  
<http://www.ittg.edu.mx>



Alcance del Sistema: Proceso Educativo