

## **TRABAJO PROFESIONAL**

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

# **INGENIERO ELECTRONICO**

**QUE PRESENTA:**

**JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ PÉREZ**

**CON EL TEMA:**

**“CONTROL AUTOMÁTICO DE  
AIREADORES DE LAGUNAS 2 Y 3”**

**MEDIANTE**

**OPCION X**

**(TITULACION INTEGRADA)**

**TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS**

**MAYO 2013**



Secretaría de Educación Pública  
 Dirección General de Libros y Materiales Educativos  
 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"

DIRECCIÓN  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
 DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas **09 DE MAYO 2013**

OFICIO DEP-CT-100-2013

**C. JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ PÉREZ**  
 PASANTE DE LA CARRERA DE **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
 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:

**"CONTROL AUTOMÁTICO DE AIREADORES DE LAGUNAS 2 Y 3."**

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"**

**M.I. APOLINAR PÉREZ LÓPEZ**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
 C.c.p. - Departamento de Servicios Escolares  
 C.c.p. - Expediente  
 M'APL/cesm  
 |



Carretera Panaméncia Km. 1900 - C.P. 29100, Apartado Postal 200  
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tel: (961) 34255, 61 31661  
[www.itg.edu.mx](http://www.itg.edu.mx)



## INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPITULO I MARCO DE REFERENCIA</b>               | 5  |
| 1.1.- Introducción                                  | 6  |
| 1.2.- Justificación                                 | 7  |
| 1.3.- Objetivos                                     | 9  |
| 1.3.1.- General                                     | 9  |
| 1.3.2.- Específicos                                 | 9  |
| <br>  |    |
| <b>CAPITULO II MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO</b> | 10 |
| 2.1.- Caracterización del área en que se participó  | 11 |
| 2.1.1.- COMEXA                                      | 11 |
| 2.1.2.- Misión                                      | 11 |
| 2.1.3.- Visión.                                     | 11 |
| 2.1.4.- Departamento correctivo y proyectos         | 12 |
| 2.1.5.- Organigrama de la empresa                   | 13 |
| 2.1.6.- Antecedentes de la problemática             | 14 |
| 2.2.- Problemas a resolver, priorizándolo           | 15 |
| 2.3.- Alcances y limitaciones                       | 19 |
| <br>  |    |
| <b>CAPITULO III FUNDAMENTO TEORICO</b>              | 24 |
| 3.1.- Tratamiento de aguas residuales               | 25 |
| 3.1.1.- Tratamiento Biológico de aguas residuales   | 27 |
| 3.1.2.- Procesos Anaeróbicos                        | 28 |
| 3.1.3.- Procesos Aeróbicos                          | 29 |
| 3.1.4.- Oxigenación del agua                        | 31 |
| 3.1.5.- Aireador tipo tornado III                   | 33 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.6. - Motor HGF-TEFC . . . . .                                      | 35        |
| 3.1.7.- PLC Millenium XD26 230 VAC . . . . .                           | 37        |
| 3.1.8.-Características del PLC . . . . .                               | 38        |
| 3.1.9.- Tipo de E/S del PLC XD26. . . . .                              | 40        |
| 3.1.10.- Extensión XR14 230 VAC . . . . .                              | 41        |
| 3.1.11.-Tipo de E/S de la extensión XR14 . . . . .                     | 42        |
| 3.1.12.-Monitor de Oxigeno Disuelto Modelo B15/60 . . . . .            | 43        |
| <br>   |           |
| <b>CAPITULO IV ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS . . . . .</b>       | <b>47</b> |
| 4.1.- Proceso de desarrollo del proyecto . . . . .                     | 48        |
| 4.1.1.-Diseño de las tarjetas de aislamiento para el PLC . . . . .     | 50        |
| 4.1.2.-Cableado de los motores al gabinete de control . . . . .        | 52        |
| 4.1.3.-Cableado del sensor de oxigeno al gabinete de control . . . . . | 54        |
| 4.1.4.- Funcionamiento de la lógica de programación . . . . .          | 55        |
| 4.1.5.-Diagrama de flujo del programa de control . . . . .             | 57        |
| 4.1.6.-Diagrama completo de conexionado del PLC . . . . .              | 58        |
| 4.1.7.-Tabla de direcciones . . . . .                                  | 59        |
| 4.2.- Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas . . . . .   | 60        |
| 4.2.1.- Posición de aireadores en lagunas . . . . .                    | 63        |
| 4.2.2.- Alarma de emergencia . . . . .                                 | 67        |
| Conclusiones y recomendaciones . . . . .                               | 69        |
| Referencias bibliográficas . . . . .                                   | 71        |
| Anexos . . . . .   | 72        |

# **CAPITULO I**

## **MARCO DE REFERENCIA**

## 1.1 INTRODUCCION

En algunas ocasiones pareciera ser que en el campo de la electrónica todos los problemas están resueltos, sin embargo, conforme avanza la tecnología cada día surgen nuevos problemas por resolver, mecanismos que actualizar y procesos que innovar.

Por otro lado, resulta difícil encontrar en la actualidad empresas que se preocupen por el cuidado del medio ambiente, la mayoría de ellas solamente se preocupan por las ganancias o beneficios que puedan obtener pero no del daño que pueden causar al medio ambiente.

En el presente reporte de residencia profesional, describe el diseño e implementación de un control automático de aireadores de lagunas 2 y 3 de Comisión México Americana para la erradicación del gusano barrenador del ganado (COMEXA), conocida como “la mosca” ya que con ello se pretende mantener automáticamente los niveles óptimos de oxigenación de laguna 2 aeróbica y de laguna 3 facultativa. Al mismo tiempo se pretende ahorrar la energía eléctrica, y dar un mayor tiempo de vida a los motores y aireadores haciendo trabajar únicamente los necesarios según la demanda biológica de oxígeno que exista en cada laguna.

En este trabajo se describe la problemática detectada, el procedimiento realizado para su solución e implementación. La documentación del proyecto esta estructurada en 4 capítulos.

El capítulo 1 llamado marco de referencia; en el se marcan los objetivos a alcanzar, como parte principal del proyecto además de la justificación del porque realizar el sistema automático basado en PLC Millenium XD26.

El capítulo 2 llamado marco de referencia del proyecto; describe a la empresa y los problemas a resolver del sistema en modo manual (timer).

El capítulo 3 llamado fundamento teórico; describe el funcionamiento y operación de los equipos eléctricos, electrónicos y materiales que se utilizaron durante la instalación del sistema en el campo de trabajo.

El capítulo 4 llamado actividades realizadas y resultados; el cual ilustra la metodología, los resultados y el procedimiento realizado para llegar a cumplir los objetivos y una investigación que describe todos los parámetros considerados en el proceso manual – automático de aireadores.

## 1.2 JUSTIFICACION

**La Comisión México Americana (COMEXA)** a través del tiempo siempre ha tenido la preocupación y el interés de conservar el Medio Ambiente, dentro de las instalaciones de la planta, como en sus alrededores, es por eso que fue certificada en 2004 como una empresa limpia libre de contaminantes para el medio ambiente según la norma internacional **ISO 14001**.

Se debe hacer mención que la empresa emplea grandes cantidades de agua para llevar a cabo su lucro productivo, el proceso de producción de las moscas estériles, el agua resultante de dicha producción y de uso personal para la higiene de los trabajadores, no pueden arrojarse a las aguas del río Grijalva, ya que esta, resulta contaminada con grandes cantidades de materia orgánica y desechos sólidos.

Para ello la empresa construyó en sus instalaciones 3 lagunas, destinadas para el tratamiento de las aguas residuales que desecha la planta productora de moscas del GBG. En dos lagunas se tiene implementado un sistema manual de aireadores para mantener el agua en niveles considerables de oxígeno en lagunas 2 y 3, el número de aireadores a encender depende de la lectura del Sensor de Oxígeno, con ello las lagunas están concentradas con un oxígeno óptimo según la demanda biológica de oxígeno (DBO).

Este sistema manual de aireación es inadecuado ya que la lectura de oxigenación se realiza semanalmente y durante este lapso de tiempo la laguna presenta dos casos que hacen al sistema deficiente:

- a) El nivel de oxígeno decae drásticamente por cuestiones de aumento de producción de materia orgánica en la planta y también por disminución de la temperatura en las noches, impidiendo que los microorganismos degraden la materia orgánica contaminante del agua por falta de oxígeno. (se requiere encender más aireadores).
  
- b) El nivel de oxígeno está por encima de lo normal por cuestiones contrarias a las mencionadas en el inciso a, esto no afecta biológicamente en nada pero sí lo es en cuestiones de gasto de energía eléctrica, ya que se mantienen aireadores encendidos más de los que se necesitan. (se requiere apagar aireadores).

Por tal motivo, es necesario la implementación de un **control automático de aireadores de lagunas 2 y 3** para contrarrestar toda la problemática presentada en el modo manual, logrando mantener en todo momento los niveles óptimos de oxígeno en las lagunas.

Además tendrá la posibilidad de alertar mediante una alarma a los encargados de tratamiento de aguas residuales cuando la laguna esta en un caso crítico de necesitar más oxígeno y todos los aireadores estén activados, permitiendo de esta manera tomar medidas correctivas para solucionar este caso.

Otros de los beneficios que se tendrá en la realización de este proyecto es la reducción del consumo de energía eléctrica ya que en todo caso solo trabajaran los aireadores necesarios, así como también prolongar el periodo de vida de los motores mediante la rotación del funcionamiento de los aireadores.

Con todo esto COMEXA es el principal beneficiado ya que llevara un control exacto de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) en cada laguna, ahorra energía eléctrica y seguirá cumpliendo satisfactoriamente las normas internacionales a la cual esta certificada.



## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1.- GENERAL**

Diseñar e implementar un control automático de aireadores de lagunas 2 y 3, para optimizar el nivel de oxígeno de las aguas residuales así como reducir el consumo de energía eléctrica.

### **1.3.2.- ESPECÍFICOS**

1. Estudiar los tipos de oxigenación: aerobia, anaerobia, facultativa.
2. Investigar y comprender las características, especificaciones, y funcionalidad sensor de oxígeno Modelo B15/60 Auto-Clean D.O. Monitor.
3. Conocer el funcionamiento de los motores trifásicos, aireadores tipo Tornado III y tipo Tifón.
4. Analizar y comprender las características, especificaciones, y funcionalidad del PLC Millennium XD26 230.
5. Diseñar la programación de control de los aireadores basado en un PLC Millennium 3AC Crouzet.

## **CAPITULO II**

# **MARCO DE REFERENCIA DE LA EMPRESA Y DEL PROYECTO**

## **2.1.- CARACTERIZACION DEL AREA EN QUE SE PARTICIPO**

### **2.1.1.- COMEXA**

COMEXA (Comisión México Americana) para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado es un Organismo Binacional que fue creado mediante Acuerdo de los Gobiernos de Estados Unidos y México en 1972.

Cuenta con una planta productora de moscas estériles con capacidad de producción de 400 millones de insectos por semana. Esta planta opera desde 1976 las 24 horas, 365 días del año.

La Comisión cuenta con un staff de técnicos de varias especialidades como son: biólogos, veterinarios, entomólogos, ingenieros industriales, eléctricos, electrónicos, mecánicos, administradores, etc.

Es un organismo sin fines de lucro, dispuesto a cooperar para que los países aun infestados puedan liberarse de los daños que causa el GBG (p. ver anexo 2) tanto en la salud animal como en la salud humana.

### **2.1.2.- MISIÓN**

Producir moscas estériles de calidad para erradicar el Gusano Barrenador del Ganado en beneficio de la salud pública y animal, desarrollando profesionalmente a los colaboradores de la organización y preservando el entorno ecológico.

### **2.1.3.- VISIÓN**

Liberar al mundo del gusano barrenador del ganado en beneficio de la humanidad.

#### 2.1.4.- DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PROYECTOS.

Este departamento es el encargado de darle mantenimiento correctivo a toda la planta en sus diferentes área que existen, tales como: eléctrica, electrónica, refrigeración, casa de maquinas, tratamiento de aguas, administrativos, producción, unidad generadora, etc. Además es el departamento encargado de diseñar, desarrollar e implementar proyectos que surgen de acuerdo a las necesidades de evolución de la planta.

El proyecto específicamente fue desarrollado en el área eléctrica bajo el mando del Ing. Víctor López Aguirre jefe de esta unidad.

Además del área eléctrica, en muchas ocasiones estuvimos en diferentes áreas que involucran al proyecto como tratamiento de aguas, electrónica donde nos apoyaron con materiales y herramientas que se utilizo para realizar el proyecto.

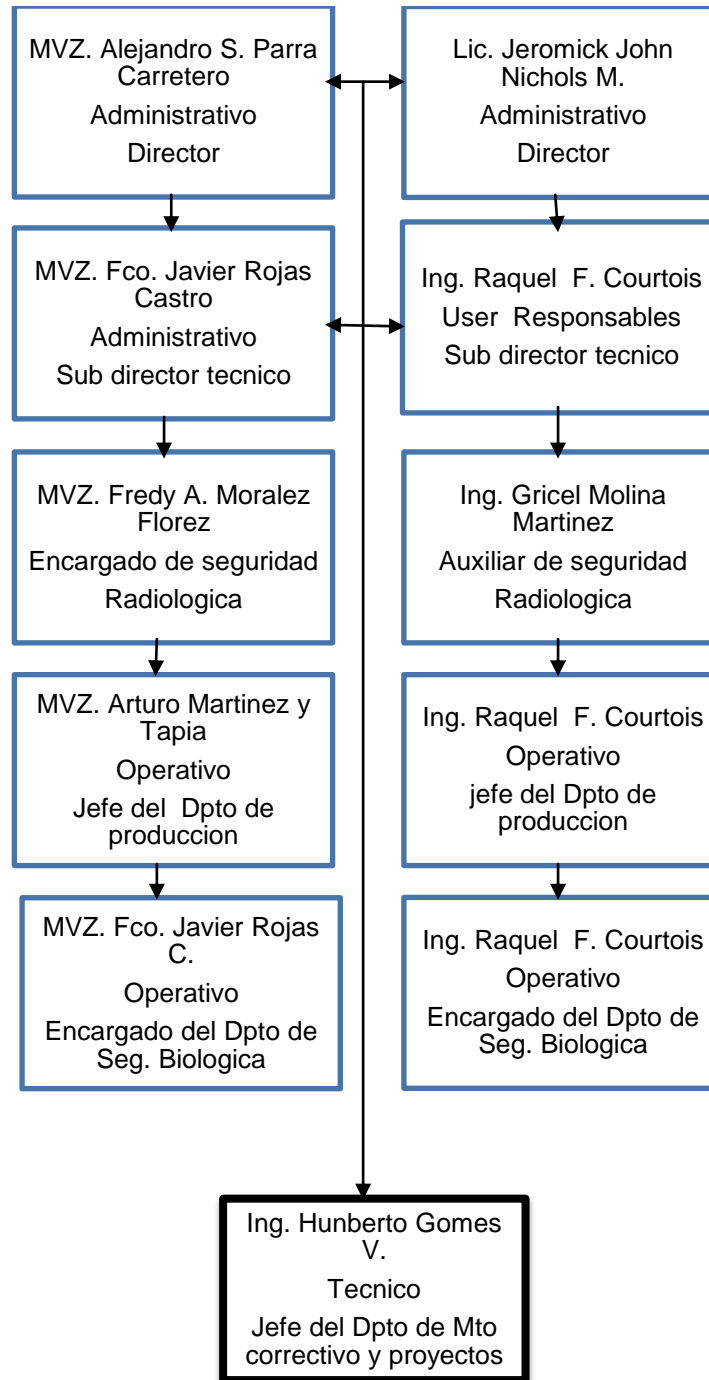
En el departamento de mantenimiento, en especial en las aéreas mencionadas se desarrollo la investigación de campo, investigación de materiales, el análisis, diseño, interpretación de variables y simulaciones. La parte la implementación del diseño se desarrollo en el área de lagunas, lugar donde se lleva a cabo el proyecto.



Imagen 1.1 ubicación de lagunas en COMEXA

### 2.1.5.- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.

El siguiente organigrama muestra la estructura, los departamentos y los niveles de mando que existen en la Comisión México Americana.



## 2.1.6.- ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

Desde sus inicios y su establecimiento en el estado de Chiapas, específicamente en el municipio de Chiapa de Corzo, la empresa COMEXA desarrollo todo su potencial en producción para erradicar la plaga del parásito de gusano barrenador, que asechaba en muchas partes del país especialmente en estados muy calurosos. La demanda de producción era mucha no solo nacional sino internacionalmente con toda Centroamérica y parte de Sudamérica.

La problemática que enfrentaba la empresa es el de no tener control de la cantidad apropiada de la DBO en las lagunas, y no poder desechar el agua de lagunas en el río Grijalva; para invertir esta situación se diseñó e implementó un sistema manual de aireadores, que hasta hace poco funcionaba, el problema de este sistema es que el encendido y apagado de los aireadores tipo tifón son por lecturas del sensor de oxígeno, pero cada lectura es semanalmente, en un día existían muchos cambios y el sistema manual no los actualizaba, lo que hace deficiente el sistema.

Con el diseño de un control automático basado en un PLC todo esto cambia; ya que el encendido y apagado de aireadores será de acuerdo a la lectura del sensor y sus cambios serán al instante manteniendo el oxígeno óptimo en cada laguna, y en la histéresis apropiada.

## **2.2.-PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZANDOLO**

### **2.2.1.- METODOLOGÍA**

En todo proyecto, se requiere de una metodología que asegure el éxito del mismo.

A continuación se presenta una metodología que propone una serie de actividades, cuya consecución llevara a la implementación del sistema de control automático de aireadores de lagunas 2 y 3.

### **2.2.2.- DEFINICION DEL DISEÑO DEL SISTEMA**

De acuerdo al problema descrito en antecedentes de la problemática del control adecuado de oxigenación de lagunas 2 y 3 y que por consecuencia los microorganismos por falta de oxígeno no puedan degradar la materia orgánica contaminante del agua, la planta decide automatizar de manual a automático el mecanismo de operación de los motores, para esto hará el diseño e implementación de un sistema de control automático mediante el PLC Millenium XD26 para la activación de los aireadores. Los 12 aireadores de laguna 2 se agruparan en 3 bloques etiquetadas como línea principal, línea de apoyo y de emergencia, esta laguna únicamente será monitoreada por el sensor "Monitor de Oxígeno Disuelto ATI modelo B15/60" el cual estará enviando constantemente las lecturas de oxígeno hacia el PLC para que este a su vez tome la decisión de encender o apagar las líneas de acuerdo a los niveles de histéresis que indique el área de tratamiento de aguas.

En laguna 3 (facultativa) no será necesario implementar sensor de oxígeno ya que gracias al diseño de las lagunas por decantación el agua fluye de la 2 hacia la 3 y como el laguna 2 (aeróbica) se mantendrá previamente el agua en niveles óptimos de oxigenación, bastara únicamente con mantener encendido constantemente 3 aireadores tipo huracán en laguna facultativa.

Para conseguir lo antes mencionado y a su vez lograr el objetivo general del proyecto es necesario dividir las actividades en 7 fases:

**a) Buscar información relevante al proyecto:** Documentarse acerca de temas que se relacionan con el proyecto como son: tratamiento de aguas residuales, procesos aeróbicos en presencia de oxígeno así como disolución de oxígeno en el agua; todo con el objetivo de tener un amplio conocimiento sobre el sistema de oxigenación de las lagunas y poder tomar decisiones sobre las características que influyen sobre él a la hora de implementar el diseño.

También es de suma importancia Investigar, analizar las características, especificaciones, y funcionalidad del PLC Millenium XD26 230, sensor de oxígeno Modelo B15/60, motor trifásico HGF – TEFC (cerrado), aireadores tipo tornado III. Todo con la finalidad de comprender el funcionamiento de cada uno de ellos para posteriormente implementarlos de manera correcta al proyecto. (Esta información se encuentra en el capítulo 3).

**b) Hacer pruebas del nivel de oxígeno cambiando la posición de los aireadores:** En esta fase se modificará las distancias de los aireadores que existen entre una línea y otra, con la finalidad de conseguir un flujo circular uniforme del agua de la laguna para cuando trabajen cualquiera de las tres líneas de aireadores. Al mismo tiempo con la ayuda del sensor se tomarán muestras de cómo se comporta el nivel de oxígeno en cada caso.

**c) Diseñar modulo de etapa de potencia para los motores:** se diseñará y construirá una tarjeta de potencia con relevadores de estado sólido que permita el aislamiento de las salidas del PLC a los contactores de cada motor, todo con la finalidad de proteger al PLC de cualquier corto o sobrecarga que pueda ocurrir en la etapa de mayor potencia.

**d) Instalación del cableado de los motores al PLC:** Esta fase será dedicada para establecer el medio de comunicación entre el PLC con el sensor de oxígeno y a su vez adaptar los actuadores a las salidas correspondientes que serán motores trifásicos.



**e) Configuración del sensor para comunicación con el PLC:** Una vez estudiado las características principales sobre la disolución de oxígeno y de los factores más relevantes que influyen sobre él, se programara el sensor “Monitor de Oxígeno Disuelto ATI modelo B15/60” para cambiar el modulo de salida Analógico a salida digital estableciendo previamente los limites de histéresis dentro del cual se considera que la lagunas estará en un nivel adecuado de oxigenación.

**f) Diseñar y probar el programa de control en el PLC:** Esta fase será una de las más importantes dentro del proyecto, ya que dentro de esta recae la lógica de la automatización, respetando y tomando en cuenta los parámetros establecidos anteriormente en la definición del diseño del sistema. De acuerdo con las características y el numero de aireadores presentes en laguna 2 se pretende mantener encendido por lo menos una línea de aireadores independientemente del nivel de oxígeno, con la finalidad de mantener en todo momento un flujo constante del agua y posteriormente ir encendiendo o apagando las líneas de apoyo y de emergencia conforme el nivel de oxígeno así lo requiera.

Una vez concluido el diseño del programa de control, en primera instancia se cargara y probara con led's en las salidas ya que el PLC Millenium XD26 físicamente no trae indicadores luminosos como los de la marca SIEMENS, de esta forma cerciorarnos de que el programa cumple con los parámetros establecidos dentro de la programación y finalmente probarlo físicamente ya con los actuadores (motores) en las salidas y el sensor de oxígeno en las entadas.

**g) Corrección de errores y documentación del proyecto:** En esta fase final se corregirán los errores presentados durante las pruebas, se valoraran los retardos de encendido entre cada motor para evitar los picos de corriente, así como los tiempos de recuperación del nivel de oxígeno en el encendido de cada línea.

Finalmente se realizara la documentación del proyecto, desde su inicio en modo manual hasta su final en modo automático, se dejara en el área eléctrica un manual técnico, donde indique a cualquier operador el funcionamiento eléctrico del sistema.

Tabla 2.1 actividades realizadas

| Actividad  | S e m a n a |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
|--|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|--|
|  | 1           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |  |
| Buscar información relevante al proyecto                                   | ■           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Hacer pruebas del nivel de oxigeno cambiando la posición de los aireadores |             | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Diseñar modulo de etapa de potencia para los motores                       |             |   |   | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Instalación del cableado de los motores al PLC                             |             |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Configuración del sensor para comunicación con el PLC                      |             |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Diseñar y probar el programa de control en el PLC                          |             |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |  |
| Corrección de errores y documentación del proyecto                         |             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  |  |

### 2.3.-ALCANCE Y LIMITACIONES

El proyecto control automático de aireadores tiene planteado el siguiente alcance controlar los 16 aireadores en cualquier periodo del día o noche, cuando los 16 aireadores estén trabajando dar aviso a través de una alarma, que el sistema se encuentra en estado de emergencia.

Otros de los grandes alcances que genera el control de los aireadores de forma automática se presentan en 3 áreas de la planta que enseguida se describen.

Las limitaciones que se tienen son las siguientes, si se desean agregar mas aireadores en cualquiera de las 2 lagunas y que deban estar controlados por el PLC Millenium XD26, el controlador no podrá incorporarlos al sistema, debido a que el modulo de salida del PLC es de solamente de 16 y todos están asignados a un aireador que esta en operación.

#### **Tratamiento de aguas:**

Como su nombre lo dice es el área en cargada de la purificación del agua de consumo en la empresa proveniente del rio Grijalva así como el tratamiento de las aguas que desecha la empresa, el hecho de tener un control automático de aireadores tendrá un gran alcance e impacto principalmente en esta área, ya que no será necesario tomar muestras de oxigeno periódicamente para mantener los niveles de oxigeno adecuado ya que el sistema automático lo hará por si mismo.

Este departamento tendrán una innovación con el proyecto ya que solo tomarían muestras para comprobar si el sensor Model B15/60 Auto-Clean esta censando la oxigenación del agua según las PPM que se programaron, el sensor esta calibrado bajo las siguientes mediciones en **modo automático nivel mínimo de oxigeno 2.5 PPM nivel máximo de oxigeno 6 PPM** para laguna.2.

La única limitante para el departamento de tratamiento de aguas será la de implementar otra forma de apoyo al proyecto cuando este tenga encendido todos los aireadores y el nivel de oxígeno este por debajo de los 2.5 PPM; cabe mencionar esta situación es casi improbable de suceder ya que la empresa actualmente solo trabaja con una línea de aireadores y dos descansan además de ello la empresa actualmente no tiene demandas de producción.

### **Unidad eléctrica:**

La unidad eléctrica es el área encargada de brindar electricidad a toda la planta para ello cuenta con 3 subestaciones A B y C, es aquí donde se encargan de brindar mantenimiento a todos los motores de la planta y de las lagunas. Cabe mencionar que el proyecto, anteriormente trabajaba en modo manual y fue desarrollado por el jefe de la unidad eléctrica de la empresa, cuando la empresa tenía mucha producción existían 16 aireadores que trabajaban durante día y noche sin llevar un control adecuado de oxígeno.

Para este departamento era evidente que la demanda de electricidad era demasiado, y por consecuencia lógica el gasto económico en lagunas era demasiado, el desarrollar un mecanismo automático basado en PLC es muy innovador, se está haciendo uso de la tecnología existente para modernizar los procesos eléctricos de la planta productora de moscas. Ya no será necesaria la presencia de un operador encargado de encender y apagar los motores ya que el mismo proyecto está diseñado para realizar todo esto.

Además esto implica el no tener que trabajar todos los motores al mismo tiempo y obtener un ahorro inmenso de electricidad. Ver tabla 2.2 y 2.3.

Tabla 2.2 consumo de energía eléctrica KWH de los motores en operación modo manual y costo a pagar en CFE.

| FACTURACION REAL DE ENERGIA ELECTRICA EN TARIFA HM                    |   |           |                    |                 |                      |                     |
|---|---|-----------|--------------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| DEMANDA CONTRATADA  | 3027  |           | CARGA CONECTADA    | 5046            |                      |                     |
| DEMANDA EN PUNTA  | 179   | KW        | F.R.I. =           | 0.300           |                      | TIPO SUMIN. 1       |
| DEMANDA INTERM.   | 179   | KW        | F.R.B. =           | 0.150           |                      | F.P. 90.29          |
| DEMANDA EN BASE   | 179   | KW        | D.I. - D.P.        | 0               |                      |                     |
| CONS. EN PUNTA  | 10,310  | KWH       |                    | 0               |                      | DIA D MAX           |
| CONS. INTERM.   | 74,750  | KWH       | > DI.,D.P.         | 179             |                      | HORA DMAX           |
| CONS. EN BASE   | 42,530  | KWH       | D.B. - D.P.I       | 0               |                      | ESTATUS NO          |
| CONSUMO TOTAL   | 127591  | KWH       |                    | 0               |                      |                     |
| REACTIVOS TOTALES   | 60750   | KVARH     |                    |                 |                      |                     |
| DEM FACT=   | DEM. PUNTA + FRI X max (D.INTERM. - D. PUNTA,0) + FRB X max (D. BASE-DEM. PUNTA INTERM,0) |           |                    |                 |                      |                     |
| DEM FACT=   | 179   |           | DEM FACT=          | 179             |                      |                     |
| <b>C A L C U L O</b>  |   |           |                    |                 |                      |                     |
| CGO. POR DEMANDA  | 179   | X         | <b>155.86000</b>   | =               |                      | 27898.94            |
| CGO. CONS. EN PUNTA   | 10310   | X         | <b>1.56620</b>     | =               |                      | 16148.15            |
| CGO. CONS. INTERM.  | 74750   | X         | <b>0.81270</b>     | =               |                      | 60749.65            |
| CGO. CONS. BASE   | 42530   | X         | <b>0.67600</b>     | =               |                      | 28750.55            |
|   | FACTURACION NORMAL  |           |                    |                 |                      | 133547.29           |
| MENOS BONIF. POR ALTO F.P.  |   | 133547.29 | X                  | 0.1             |                      | 133.55              |
| MAS CGO POR BAJO F.P.   |   | 133547.29 | X                  | #jDIV/0!        |                      | #jDIV/0!            |
|   |   |           |                    |                 | FACTURACION NETA     | 133413.74           |
|   |   |           |                    |                 | MAS 15%              | 20012.06            |
|   |   |           |                    |                 | <b>TOTAL A PAGAR</b> | <b>\$153,425.80</b> |
| <b>CALCULO CON MOTOR CONSIDERANDO LA OPERACIÓN DE 24 HRS. DIARIAS</b> |   |           |                    |                 |                      |                     |
| CAP. (HP)   | UMA's   | AE's      | KW                 | KWH / DIA       | KWH / MES            | KWH / AÑO           |
| 0   | 0   | 0         | 179.00             | 4,296.00        | 128,880.00           | 1,568,040.00        |
| 0   | 0   | 11        | 0.00               | 0.00            | 0.00                 | 0.00                |
|   |   |           | <b>179.00</b>      | <b>4,296.00</b> | <b>128,880.0</b>     |                     |
|   |   |           | CONSUMOS / PERIODO |                 |                      |                     |
|   |   |           | BASE               | 42,530          |                      |                     |
|   |   |           | INTERM             | 74,750          |                      |                     |
|   |   |           | PUNTA              | 10,310          |                      |                     |

Tarifa de pago de servicio HM de la comisión federal de electricidad.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinan la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más. En este caso por tener los 16 aireadores se tenía un consumo de 179KW.

Tabla 2.3 consumo de energía eléctrica KWH de los motores en operación modo automático y costo a pagar en CFE.

| FACTURACION REAL DE ENERGIA ELECTRICA EN TARIFA HM                    |   |          |                    |                 |                      |                    |
|---|---|----------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| DEMANDA CONTRAT   | 3027  |          | CARGA CONECTADA    | 5046            |                      |                    |
| DEMANDA EN PUNTA  | 96  | KW       | F.R.I =            | 0.300           |                      | TIPO SUMIN. 1      |
| DEMANDA INTERM.   | 96  | KW       | F.R.B. =           | 0.150           |                      | F.P. 74.78         |
| DEMANDA EN BASE   | 96  | KW       | D.I. - D.P.        | 0               |                      |                    |
| CONS. EN PUNTA  | 5,530   | KWH      |                    | 0               |                      | DIA D MAX          |
| CONS. INTERM.   | 40,090  | KWH      | > DI.,D.P.         | 96              |                      | HORA DMAX          |
| CONS. EN BASE   | 22,810  | KWH      | D.B. - D.P.I       | 0               |                      | ESTATUS NO         |
| CONSUMO TOTAL   | 68429   | KWH      |                    | 0               |                      |                    |
| REACTIVOS TOTALES   | 60750   | KVARH    |                    |                 |                      |                    |
| DEM FACT=   | DEM. PUNTA + FRI X max (D.INTERM. - D. PUNTA,0) + FRB X max (D. BASE-DEM. PUNTA INTERM,0) |          |                    |                 |                      |                    |
| DEM FACT=   | 96  |          | DEM FACT=          | 96              |                      |                    |
| <b>C A L C U L O</b>  |   |          |                    |                 |                      |                    |
| CGO. POR DEMANDA  | 96  | X        | <b>155.86000</b>   | =               |                      | 14962.56           |
| CGO. CONS. EN PUNTA   | 5530  | X        | <b>1.56620</b>     | =               |                      | 8660.46            |
| CGO. CONS. INTERM.  | 40090   | X        | <b>0.81270</b>     | =               |                      | 32580.82           |
| CGO. CONS. BASE   | 22810   | X        | <b>0.67600</b>     | =               |                      | 15419.29           |
|   | FACTURACION NORMAL  |          |                    |                 |                      | 71623.13           |
| MENOS BONIF. POR ALTO F.P.  |   | 71623.13 |                    | X               | #¡DIV/0!             | #¡DIV/0!           |
| MAS CGO POR BAJO F.P.   |   | 71623.13 |                    | X               | 12.2                 | 8738.02            |
|   |   |          |                    |                 | FACTURACION NETA     | 80361.15           |
|   |   |          |                    |                 | MAS 15%              | 12054.17           |
|   |   |          |                    |                 | <b>TOTAL A PAGAR</b> | <b>\$92,415.32</b> |
| <b>CALCULO CON MOTOR CONSIDERANDO LA OPERACIÓN DE 24 HRS. DIARIAS</b> |   |          |                    |                 |                      |                    |
| CAP. (HP)   | UMA's   | AE's     | KW                 | KWH / DIA       | KWH / MES            | KWH / AÑO          |
| 0   | 0   | 0        | 96.00              | 2,304.00        | 69,120.00            | 840,960.00         |
| 0   | 0   | 11       | 0.00               | 0.00            | 0.00                 | 0.00               |
|   |   |          | <b>96.00</b>       | <b>2,304.00</b> | <b>69,120.0</b>      |                    |
|   |   |          | CONSUMOS / PERIODO |                 |                      |                    |
|   |   |          | BASE               | 22,810          |                      |                    |
|   |   |          | INTERM             | 40,090          |                      |                    |
|   |   |          | PUNTA              | 5,530           |                      |                    |

La tarifa de pago no cambia sigue siendo HM pero el ahorro de energía es considerable de 179 KWH bajo a 96KWH así mismo el costo a pagar solo para la operación de los aireadores descendió de \$153,425.80 pesos a \$92,415.32 pesos.

Con todo esto el impacto en el área de unidad eléctrica es muy importante ya que reduce el consumo de energía eléctrica además solo trabajarán los motores necesarios, otro punto es rotar el mismo tiempo de trabajo para cada motor..

Para este departamento más que una limitante, con este proyecto adquiere una responsabilidad es la de brindarle mantenimiento en tiempo y forma a los equipos de aireadores y motores para que estos no se estén protegiendo en cualquier momento, y así aprovechar todas las ventajas de un sistema automático.

### **Impacto ambiental:**

Cuando la operación de oxígeno en laguna 2 y 3 era de manera manual, en muchas ocasiones el agua aún contenía materia orgánica al momento que se desechaba en el río Grijalva, esto era un gran problema para la empresa, por consecuencia el área de impacto ambiental le generaba muchos problemas, por que es el área inmediata de hacer cumplir las normas ambientales que ha adquirido la empresa, por tal motivo al momento de tener un control automático de aireadores este problema desaparece. El agua que se desecha en el río Grijalva en modo automático está en los límites ambientales de demanda biológica de oxígeno que necesitan las lagunas.

Por tal motivo la única limitante para esta área sería que los sistemas de aireadores se dañaran y no les diesen mantenimiento a los equipos en el área eléctrica.

## **CAPITULO III**

### **FUNDAMENTO TEORICO**



### 3.1.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

**El tratamiento de aguas residuales:** es el conjunto de procesos destinados a alterar las propiedades o la composición física, química o biológica de las aguas residuales para conservar y restablecer el equilibrio ecológico de las aguas, de manera que se transformen en vertidos inocuos más seguros para su transporte y uso.



Imagen 3.1 aguas residuales

**El tratamiento de aguas residuales:** consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano y de industrias con el objetivo de producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente.

El propósito principal del tratamiento del agua de desechos es remover lo más posible las partículas sólidas que se encuentran suspendidas, eliminar al máximo la materia orgánica, microorganismos dañinos para la salud, químicos y sobre todo mantener el nivel adecuado de oxígeno, todo con el objetivo de reducir al máximo la contaminación convirtiéndolo en inocuo para el medio ambiente.

El proceso de tratamiento de las aguas típicamente se agrupa en tres pasos:



Imagen 3.2 proceso de análisis

- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos), remueve cerca del 60% de partículas sólidas suspendidas en las aguas de desechos, involucra también airear el agua con el objeto de volver añadir oxígeno de nuevo.
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente).
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

### 3.1.1.-TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES

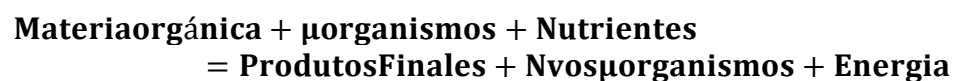
Las aguas residuales derivados de residuos domésticos y de procesos industriales desechan materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos que se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de “naturaleza orgánica”, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.



Imagen 3.3 tratamiento biológico

#### Procesos de oxidación biológica

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:



Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de respiración endógena u oxidación.

Gracias al proceso biológico en aguas residuales da como resultado la eliminación de microorganismos patógenos, evitando así que estos microorganismos lleguen a ríos o a otras fuentes de abastecimiento. Específicamente el tratamiento biológico de las aguas residuales es considerado un tratamiento secundario ya que este está ligado íntimamente a dos procesos microbiológicos, los cuales pueden ser aerobios y anaerobios.

### **3.1.2- Procesos Anaeróbicos**

En el proceso de degradación de los residuos orgánicos en condiciones anaeróbicas las bacterias que descomponen la materia orgánica no utilizan oxígeno y se producen reacciones químicas diferentes. La desventaja de la descomposición anaeróbica es la producción de gases como el metano y compuestos sulfurosos que producen malos olores, por lo cual el control de estos gases es un proceso de atención particular. La ventaja principal del tratamiento anaeróbico es que no utiliza energía externa para mover componentes mecánicos como los aireadores utilizados en la plantas aeróbicas.

El proceso anaeróbico depende de reacciones de transferencia de H<sub>2</sub> Inter-especies como:

- 1.- Digestión inicial de las sustancias macromoleculares por proteasas, polisacáridos y lipasas extracelulares hasta sustancias solubles.
- 2.- Fermentación de los materiales solubles a ácidos grasos.
- 3.- Fermentación de los ácidos grasos a acetato, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>
- 4.- Conversión de H<sub>2</sub> más CO<sub>2</sub> y acetato en CH<sub>4</sub> (metano) por las bacterias metanogénicas.

### 3.1.3.-PROCESOS AERÓBICOS

Podemos definir los “Procesos Biológicos de Depuración Aerobia”, como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, desintegrándolos transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación.

En el caso de algunas aguas residuales urbanas, también se persigue la eliminación de Nitrógeno y de Fósforo. Por último, conseguimos además la disminución de los microorganismos patógenos y fecales que habitan el agua residual.

En el tratamiento aeróbico de las aguas residuales se incrementa fuertemente el aporte de oxígeno por riego de superficies sólidas, por agitación o agitación y aireación sumergida simultáneas. El crecimiento de los microorganismos y su actividad degradativa crecen proporcionalmente a la tasa de aireación.

La acción degradativa o depuradora de los microorganismos en un proceso se mide por el porcentaje de disminución de la DBO (**Demanda Bioquímica de Oxígeno**) en las aguas residuales tratadas. Dicha disminución depende de la capacidad de aireación del proceso, del tipo de residuos y de la carga de contaminantes de las aguas residuales y se expresa así mismo en unidades de DBO.(Quima. Milena Barón Laura, 2006)

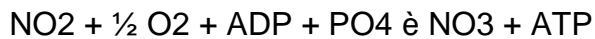
Tras la depuración biológica, las aguas residuales contienen compuestos orgánicos, fosfatos y nitratos disueltos que solo se degradarán lentamente. Los nitratos se forman por oxidación del amonio desprendido en la degradación de compuestos orgánicos nitrogenados.

Esta es una tarea de las bacterias Nitrificantes, uno de cuyos grupos esta presente en las aguas residuales principalmente por Nitrosomonas y Nitrospira, que únicamente llevan a cabo la reacción de oxidación del amonio a nitrito para obtener energía metabólica, mientras que un segundo grupo de bacterias, que aparece siempre junto al ya citado y que está representado por Nitrobacter, oxida el nitrito a nitrato y obtiene energía gracias exclusivamente a este proceso:

Oxidación del amonio:

- a.  $\text{NH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} + \text{H}$ .
- b.  $\text{NH}_2\text{OH} + \text{O}_2 + 2\text{ADP} + 2\text{PO}_4 \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ATP}$ .

Oxidación del nitrito:



Otros microorganismos que también intervienen en el tratamiento aerobio de aguas residuales son: Citrobacter, Serratia, mohos y levaduras que actúan más de componentes acompañantes que de degradantes y algunas algas como Anabaena que convierte los poliuretanos en H<sub>2</sub>.

### 3.1.4.-OXIGENACIÓN DEL AGUA

Como hemos visto en párrafos anteriores mantener las lagunas aeróbicas en niveles óptimos de oxigenación es de suma importancia para poder llevar a cabo la oxidación biológica donde actúan los microorganismos para degradar la materia orgánica contaminante del agua residual.

En las lagunas el oxígeno llega al agua por 2 vías de forma natural:

- 1.- La primera es la absorción del oxígeno presente en el aire desde la superficie del agua.
- 2.- La segunda vía es la fotosíntesis realizada por las plantas durante las horas de iluminación.

Cabe destacar que la mayoría del oxígeno llega por la primera vía, mientras que la de fotosíntesis se convierte en secundaria. La realidad es que cuanto mayor sea el área o superficie de contacto entre el agua y el aire, mayor será el intercambio de oxígeno.

Para tener un buen nivel de oxigenación del agua, esta es dependiente de la temperatura como se puede observar en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores de temperatura y oxígeno presente en el agua

| <b>Temperatura</b> | <b>Oxígeno (mg/l)</b> |
|--------------------|-----------------------|
| <b>0</b>           | <b>14,5</b>           |
| <b>5</b>           | <b>12,8</b>           |
| <b>10</b>          | <b>11,2</b>           |
| <b>15</b>          | <b>10</b>             |
| <b>20</b>          | <b>9,1</b>            |
| <b>25</b>          | <b>8,3</b>            |
| <b>30</b>          | <b>7,6</b>            |

Los principales factores que influyen en la concentración de oxígeno en el agua es la temperatura. Existe una relación inversamente proporcional, o sea que, a mayor temperatura menor concentración de oxígeno en el agua. Esto se debe a que al elevarse la temperatura, la solubilidad del gas disminuye.

Otro factor de incidencia es la **presión atmosférica**. En este caso, la relación es directamente proporcional; a mayor presión mayor concentración de oxígeno.



### 3.1.5.-AIREADOR TIPO TORNADO III

Es un aireador de la familia **AEROMIX Systems Inc.** el cual es una solución firme y resistente para el tratamiento del agua como también para aguas residuales, la función principal es transferir moléculas de oxígeno del aire hacia el interior del agua con el objetivo de conservar los niveles óptimos de oxigenación.

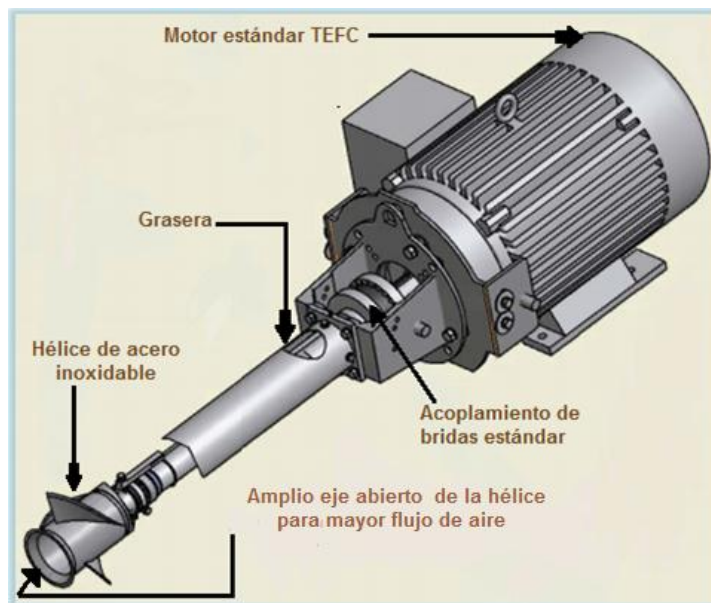


Figura 3.4 características de la construcción del aireador tipo tornado III.

Otra de las funciones del aireador es mantener el agua en constante movimiento para tener una concentración uniforme de oxígeno en todo el líquido y lograr así buenos resultados en la depuración.

## CARACTERÍSTICAS

- Todas las piezas sumergibles son de acero inoxidable, incluyendo la hélice.
- El modelo de CLASE III está disponible de 15-40 Hp (11.25 – 30 KW) a 60 Hz y de 10-30 Hp (7.5 – 75 KW) a 50 Hz. Modelos similares están disponibles de 2-10 Hp (1.5 – 7.5 KW) y de 50-100 Hp (37.5 – 75 KW).
- El aireador opera sin salpicadera o con pulverización. Toda la mezcla y transferencia de oxígeno se lleva a cabo bajo la superficie del agua.
- Puede operar solo o en grupos para crear un protón de flujo circular.

## PRINCIPIO DE OPERACION

El agua que se mueve más allá de la hélice crea una zona de baja presión en el eje de la hélice. Esto aspira aire a través del tubo de ventilación mediante el aire que entra en el orificio del tubo. La acción de la hélice mezcla la corriente de aire con el agua resultando pequeñas burbujas. La mezcla de aire y agua es forzada hacia fuera de la hélice tanto horizontal como verticalmente haciendo eficazmente la mezcla y la oxigenación del agua.



Figura 3.5 operación del aireador

### 3.1.6 MOTOR HGF – TEFC (CERRADO)

La línea HGF se destaca por su alto desempeño aliado a bajos costos de mantenimiento. Esta línea de productos es la ideal para operaciones en las más duras aplicaciones, donde sean requeridas resistencia mecánica y durabilidad de los motores.



Figura 3.6 motor HGF - TEFC

Los motores HGF son diseñados de acuerdo con los más altos requisitos tecnológicos disponibles actualmente, a través de la utilización de modernas herramientas computacionales de análisis mecánicas, eléctricas y de temperatura, comprobados a través de la realización de rígidas pruebas y verificaciones. El resultado de este desarrollo innovador es un producto flexible, adecuado a los requisitos de las normas internacionales vigentes y totalmente en línea con las tendencias mundiales. Esto atesta el comprometimiento de WEG no solamente con sus clientes pero también con el medio ambiente, presentando soluciones globales cada vez más optimizadas para sus productos y procesos.

## Características Estándar

Tabla 3.2 características estándar del motor TEFC

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Potencia nominal        | 90 Kw a 3150 Kw   |
| Número de polos         | 2, 4, 6, 8, 10 y 12   |
| Tamaño de carcasas      | 315 a 630   |
| Frecuencia              | 50 o 60 Hz  |
| Tensión                 | 380 a 6600 V  |
| Factor de servicio      | 1.00  |
| Aislamiento             | Clase F (DT 80K)  |
| Grado de protección     | IP55  |
| Forma constructiva      | B3  |
| Método de refrigeración | TEFC - IC411  |
| Material de la carcasa  | Hierro fundido FC-200   |
| Protecciones térmicas   | Bobinado: PT-100 de 3 hilos, 2 por fase.<br>Cojinetes: PT-100 de 3 hilos, 1 por cojinete.   |
| Rodamientos             | Rodamientos de bolas lubricados a grasa para los tamaños de carcasa hasta 500.<br>Rodamientos de rodillos lubricados a grasa para los tamaños de carcasa 560 (en 4, 6, 8, 10 y 12 polos).<br>Rodamiento trasero aislado para las carcasas 400 y arriba. |
| Balanceo                | Con media llaveta   |
| Vibración               | Grado A   |
| EncoderDynapar          | HS 35   |

### 3.1.7.-PLC MILLENIUM XD26 230VAC

**XD26 230VAC** es un PLC de la familia Millenium 3 Crouzet de la gama “expandible” con pantalla, el cual es un equipo electrónico programable diseñado principalmente para controlar en tiempo real sistemas automáticos en:



Imagen 3.7 PLC XD26 230 VAC

**Procesos industriales:** Maquinas de embalaje; de madera, gestión de acceso, distribución automática, cintas transportadoras, prensas de inyección, etc.

**Gestión técnica de edificios:** Automatismo de iluminación, sistema de climatización y de calefacción, automatización de ascensores, montacargas, escaleras puertas, barreras, etc.

**Equipos comerciales:** distribuidores automáticos, equipos de lavado, paneles publicitarios, barras de peaje, etc.

**Tratamiento del agua/agricultura:** maquinaria agrícola, sistema de riego, gestión de bombas, etc.

**Energías renovables:** paneles solares, eólicas, bombas de calor, etc.

### 3.1.8.-CARACTERÍSTICAS DEL PLC

Tabla 3.3 Características del PLC Millenium.

| <b>Nombres</b>                        | <b>Descripción</b>  |
|---------------------------------------|---|
| <b>Serie de fabricante</b>            | XD26 230VAC.  |
| <b>Alimentación</b>                   | 120-2240 VAC 60 Hertz.  |
| <b>Entrada</b>                        | 16 Digitales.   |
| <b>Salidas</b>                        | 10 Relés (8 relés 8A, 2 relés 5A).  |
| <b>Expansión disponible</b>           | Digitales: XR06, XR10, XR14. Comunicación por Módem: M3MOD+ Módem GSM/RTC.        |
| <b>Display</b>                        | Pantalla LCD de 4 líneas de 18 caracteres, con retroiluminación programable.      |
| <b>Lenguaje de programación usado</b> | FBD, Ladder Logic.  |
| <b>Software de programación</b>       | M3 de Crouzet versión 2.3.  |
| <b>Memoria de programa</b>            | Flash EEPROM.   |
| <b>Memoria extraíble</b>              | EEPROM.   |
| <b>Memoria total disponible</b>       | 368 Bits/200 palabras (memoria de datos).   |
| <b>Tamaño de programa</b>             | 120 líneas en lenguaje de contacto y hasta 700 "típicos" bloques en lenguaje FDB. |
| <b>Tiempo de ciclo</b>                | Ladder: ms estándar, bloques de funciones BDF 6->90 ms.                           |
| <b>Tiempo de respuesta</b>            | Tiempo de adquisición de las entradas +1 a 2 veces el tiempo de ciclo.            |
| <b>Puerto de comunicación tipo</b>    | Serial y USB.   |
| <b>Profundidad</b>                    | 58 mm   |
| <b>Largo</b>                          | 124.6 mm  |
| <b>Temperatura máxima</b>             | +55°C   |
| <b>Temperatura mínima</b>             | -20°C   |

Versión extensible, compatible con las Extensiones de comunicación XN, las extensiones de entradas/salidas digitales (XE/XR) y las extensiones analógicas (XA).

Algunas de las funciones del Millenium 3 XD26 230VAC son:

- Temporizar: hasta 5 tipos de “temporizador”
- Contar: 3 tipos de contadores
- Ajustar: Ciclo de histéresis, PID...
- Archivar/Salvaguardar: Se guardan los datos durante 10 años aunque se produzca un corte de red.
- Calcular: funciones aritméticas
- Realizar operaciones lógicas: AND, OR, NANAD, NOR, XOR, NOT...
- Crear programas secuenciales: Grafcet, programador de levas,...
- Activar eventos: año, mes, día, hora, minuto, segundo,...

### Display del panel frontal

Para facilitar el trabajo del operador durante la parametrización o la explotación, dispone de una pantalla LCD programable con retroiluminacion con 4 líneas de 18 caracteres, también contiene una botonera para el ajuste de los parámetros selectivos como para menús desplegables y barra grafica.



Imagen 3.8 pantalla del PLC XD26

### 3.1.9.-TIPO DE ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC XD26

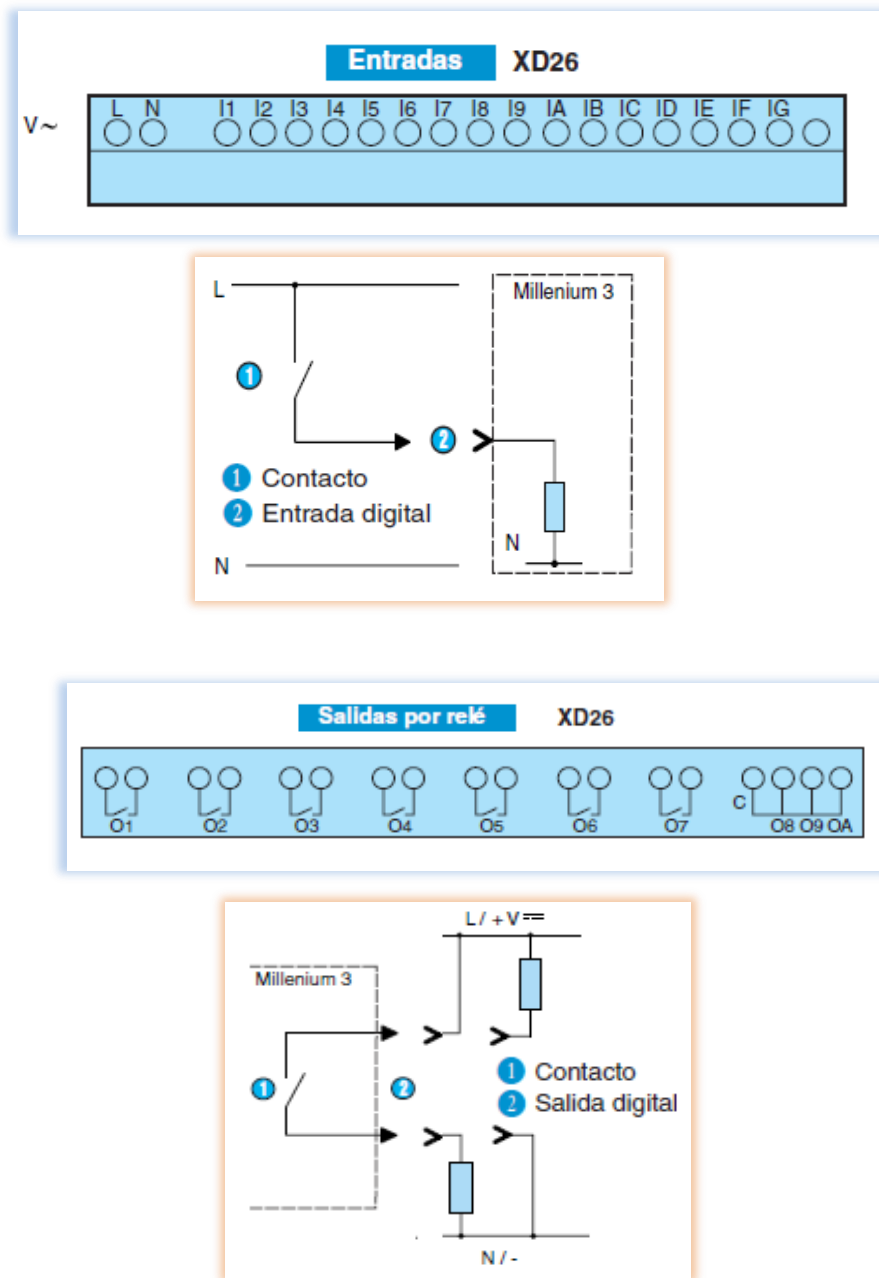


Figura 3.9 tipo de entrada y salida del PLC XD26



### 3.1.10.-EXTENSION XR14 230VAC

Es un modulo de extensión de entradas digitales y salidas a relé compatible con el con el PLC modelo XD26 230VAC apto para el control de sistemas más complejos donde se necesiten un mayor número de entradas/salidas.

El modulo se ensambla fácilmente al PLC mediante un conector por donde ahí mismo se toma la alimentación y se transmiten los datos del CPU al modulo de extensión.

La extensión tiene las siguientes características:



Imagen 3.10 Extensión XR14

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| Tipo:         | XR14 230VAC                           |
| Alimentación: | 100-240 VAC (atruves del controlador) |
| Entradas:     | 8 digitales                           |
| Salidas:      | 6 relés (4 relés 8A y 2 relés 5A)     |

### 3.1.1.-TIPO DE ENTRADAS/SALIDAS DE LA EXTENSION XR14

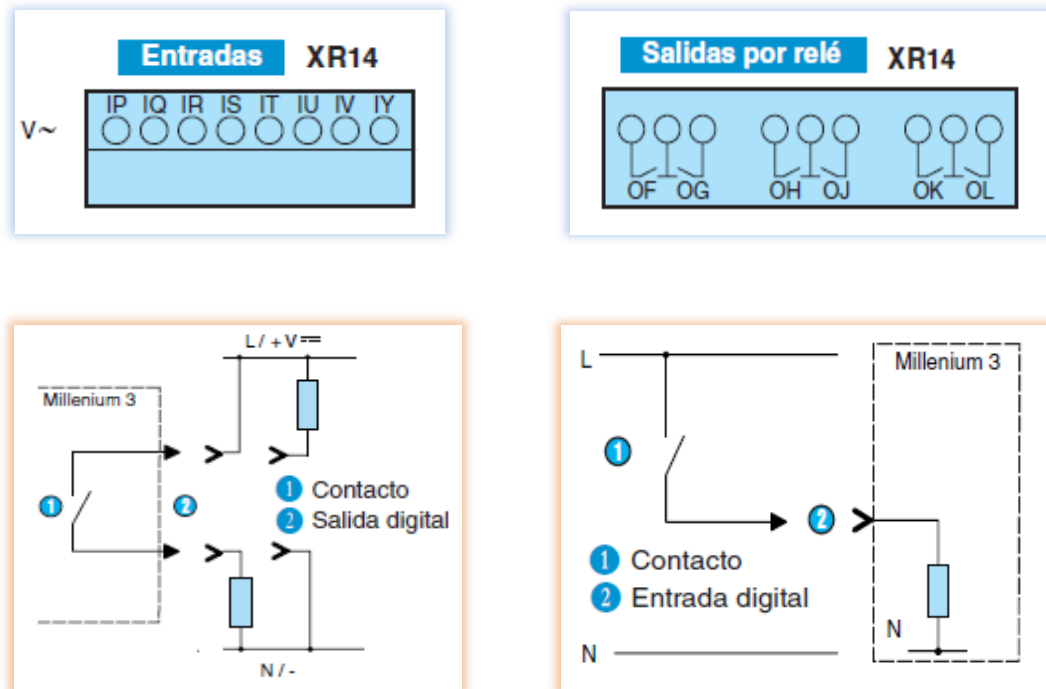


FIGURA 3.11 tipo de entrada y salida de la extensión XR14

### 3.1.12.-MONITOR DE OXIGENO DISUELTO AUTO-LIMPIEZA MODELO B15/60

Es un sensor de la marca **ATI (Analytical Technology, Inc.) MODELO B15/60** que es una línea de sistemas de monitoreo, diseñado para la medición del contenido de oxígeno disuelto en una solución.

La medición de la concentración de oxígeno disuelto es mostrada en la parte frontal del instrumento en un display de cristal líquido con retro-iluminación.

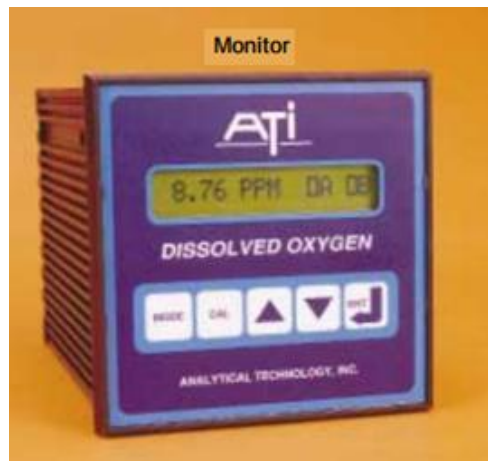


Imagen 3.10 sensor de oxígeno Model B15/60

El monitor D.O (Oxígeno Disuelto) está bien equipado para el tratamiento de sistemas de aireación de aguas residuales con temperaturas que van desde 0° a 50° C.

Tiene toda una completa escala de funcionamiento, donde el rango del sistema puede ser seleccionado por el usuario para 0-20.00 PPM (Partículas Por Millón) ó de 0-40.00 PPM.

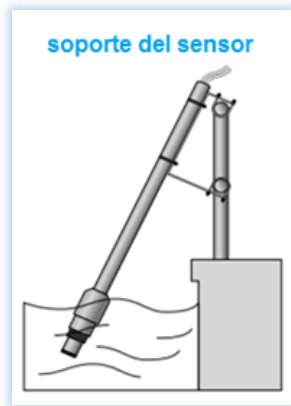


Figura 3.11 soporte del sensor

El elemento básico de censado usado en el monitor de D.O (Oxígeno Disuelto) es un sensor de membrana galvánica el cual mide directamente la disolución de oxígeno.

El sistema de monitor automático de limpieza utiliza una salida de aire de alta presión para remover sólidos biológicos o inorgánicos de la membrana del sensor por lo menos cada 24 horas y más frecuentemente si es requerido, la membrana resiste al menos 6 meses sin servicio de limpieza.

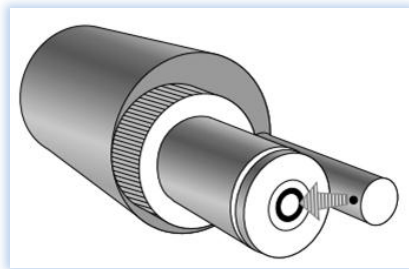


Figura 3.12 membrana del sensor

## ESPECIFICACIONES DEL SENSOR DE OXIGENO

Tabla 3.4 características del sensor B15/60

| Nombres                             | Descripción  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Rango</b>                        | 0-20.00 o 0-40.00 PPM, programable.  |
| <b>Repetitividad</b>                | ± 00.05 PPM  |
| <b>Linealidad</b>                   | 0.5% de F.S  |
| <b>Display</b>                      | LCD con retroiluminación, de 16 caracteres alfanuméricos.  |
| <b>Compensación de temperatura</b>  | Automático de -2° a +52°C.   |
| <b>Display</b>                      | Pantalla LCD de 4 líneas de 18 caracteres, con retroiluminación programable.   |
| <b>Temperatura de entrada</b>       | Pt. RTD a 100 Ohm.   |
| <b>Modo de operación</b>            | Limpieza automática o manual.  |
| <b>Control de relevadores</b>       | Dos relevadores SPDT, resistente a 5A a 220VAC programables para banda muerta y tiempo de retardo.   |
| <b>Modo de control</b>              | Encendido/apagado.   |
| <b>Salida Analógica</b>             | Dos aisladas de 4-20 mA, 600 Ohm a máxima carga, la primera es salida D.O (Oxígeno Disuelto) programable de 0-1 para 0-20 PPM a escala completa, La segunda 4-20 mA salida de temperatura de 0-50°C. |
| <b>Alimentación</b>                 | 110/220 VAC ±10%, 50/60 Hz.  |
| <b>Salida de aire para limpieza</b> | Impulso de corriente de aire a 40 PSIG máximo.   |

## SENSOR D.O DE AUTO-LIMPIEZA

- Parte sumergible: dos partes ensambladas que sostienen y enroscan el modulo del sensor.
- Conexión de aire: un tubo flexible ajustable al compresor.
- Tiempo de respuesta: 90% en 180 segundos para membrana de 5 mil, y 90% en 60 segundos para membranas de 2 mil.
- Temperatura del sensor: 100 ohm RTD platino integro del sensor.
- Operación limite de temperatura: -5 a +55°C.
- Conexión: 5 conductores de cable del sensor al monitor, de 25 ft estándar, 500 ft como máximo. 25 ft de tubo flexible, de 1/4" para I.D y 3/8" para el tubo de O.D.

## **CAPITULO IV**

### **ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS**

#### 4.1.- PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Después de documentarnos sobre los temas más relevantes al proyecto y de haber investigado, analizado y comprendido las características y funcionalidades más importantes sobre los elementos que se utilizaron en el proyecto, se procedió a establecer el sistema de control Automático de Aireadores de lagunas considerando las mismas perspectivas planteadas en la definición del diseño. En la figura 4.1 se presenta el diagrama a bloques del sistema de control el cual se describe a continuación:

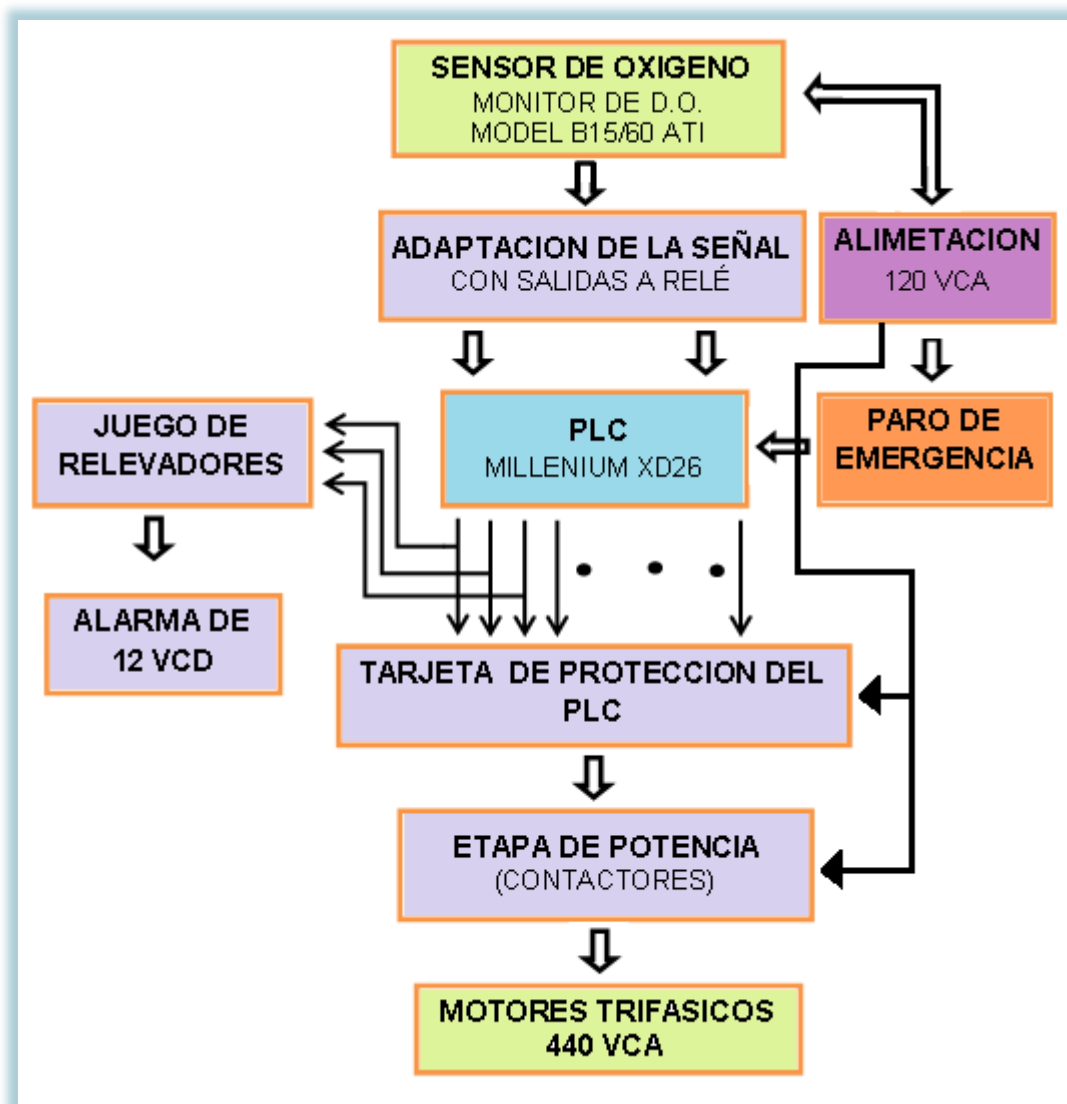


Figura. 4.1 Diagrama a bloques del proceso de control automático de aireadores.



Como se puede ver claramente en el diagrama a bloques, el PLC es el cerebro de todo el sistema, ya que es el encargado de procesar las señales provenientes del sensor de oxígeno que previamente pasa por una tarjeta propia del sensor para procesarla a salida digital mediante dos relevadores y en función a eso tomar la decisión de activar o desactivar los actuadores de salida.

En las salidas del PLC se encuentra una tarjeta de relevadores de estado sólido con el objetivo de aislarlo de cualquier corto o sobrecarga que pueda ocurrir en la parte de los arrancadores (contactores) de cada uno de los motores, posteriormente se haya la etapa de potencia constituida por un magno térmico, contactor y un relé térmico que estos a su vez activan los motores trifásicos de 440 VCA.

La fuente de 120 VCA con excepción de algunas variantes que más adelante se explicaran alimenta tanto al PLC así como sensor de oxígeno, tarjeta de protección y la etapa de potencia.

El paro de emergencia corta la alimentación al PLC y a la vez detiene por completo el proceso de este, para restablecerlo basta con solo activar el botón de paro.

Un juego de 3 relevadores que conforman una compuerta AND son alimentados de tres salidas del PLC que corresponden a las tres líneas de los aireadores, cuando estas tres están en operación activan la alarma de emergencia indicando que la laguna está por debajo del nivel de oxigenación aun teniendo todos los aireadores trabajando, de esta manera se alerta al personal para verificar el problema que lo ocasiona.

Para la construcción e implementación de todo lo anterior se procedió a realizar las siguientes actividades:

#### 4.1.1.- DISEÑO DE LAS TARJETAS DE AISLAMIENTO DEL PLC.

Para proteger el modulo de salida del PLC Millenium XD26 se diseño una tarjeta de potencia para aislar las salidas del controlador de los arrancadores, con esto el PLC queda totalmente aislado de sobrecargas eléctricas o cortos circuitos que pudiesen presentarse en la etapa de potencia al momento de encender cualquier motor.

Se decidió realizar el diseño de las tarjetas basadas en componentes de estado sólido porque al comprar los relevadores que normalmente usan en la empresa se desperdiciarían muchas salidas por cada uno de ellos, además de que el precio son más elevados, que el elaborar las tarjetas. Aprovechando que había en existencia en el área de electrónica el 70% de todos los materiales a utilizar solamente se necesitaban comprar 16 MOC 3011 y un TRIAC MAC CB12, es por tal que se decidió por esta opción.

Enseguida se muestra el diagrama esquemático del diseño de las tarjetas de potencia.

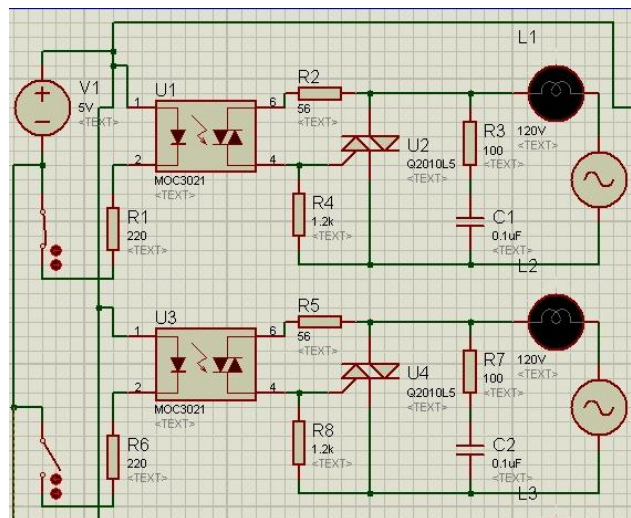


Figura 4.2.- Diagrama esquemático del diseño de etapa de potencia.

En la figura anterior se ilustra la conexión para 2 salidas, cada salida es independiente de la otra, en este caso como serán 16 salidas, se diseño 16 diagramas iguales al anterior.

Por otra parte la simulación del diagrama anterior quedo como se muestra en la figura 4.3 , en esta se muestra un modulo de 8 salidas, este modulo se imprimiria 2 veces para completar con el numero de salidas que necesitamos para activar a los motores.

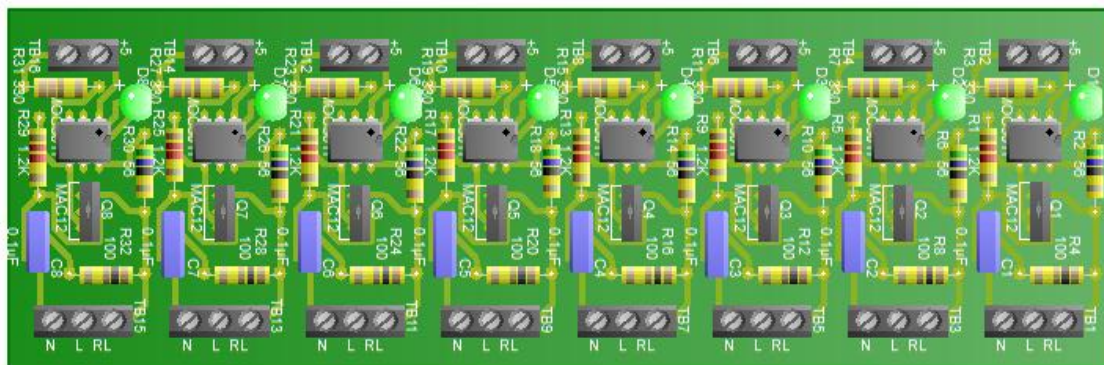


Figura 4.3.- Simulación del diagrama de etapa de potencia

**Nota:** Cabe mencionar que por problemas económicos y por problemas administrativos esta parte de las tarjetas de protección no se realizo físicamente, únicamente se quedo en diseño ya que el departamento de recursos financieros no autorizo la compra, del resto de materiales electrónicos que nos haría falta.

#### 4.1.2.- CABLEADO DE LOS MOTORES AL GABINETE DE CONTROL

Debido a que los aireadores anteriormente operaban en modo manual desde los CCM (Cuartos de Control de Motores) y con la necesidad de cambiarlos a forma automática se tomo la decisión de que el sistema quede para ambos modos, ya que en forma manual permite poder darle mantenimiento a los motores sin apagarlos cuando se corte la energía eléctrica al PLC.

Para esto fue necesario hacer una modificación en el conexionado de los gabinetes implementando un selector de tres posiciones para modo manual – apagado – automático, en la siguiente figura se presenta la modificación que se llevo a cabo en cada gabinete de los CCM3 y CCM2 .

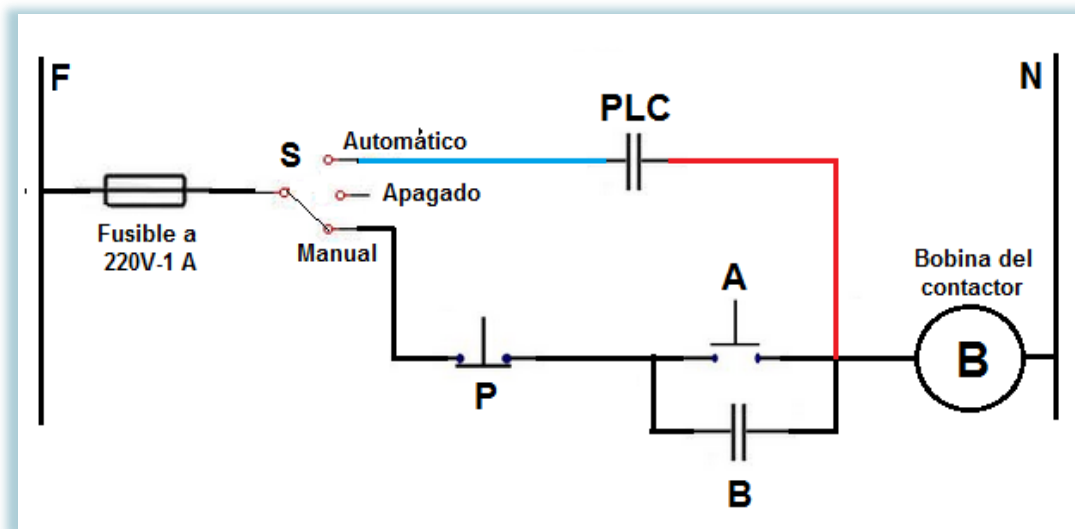


Figura 4.4.- Conexionado modo manual – apagado – automático.

Según la figura 4.4 los cables marcados de color azul proveniente del modo automático y el rojo de la bobina del contactor son los que se tomaron para adaptarlos al PLC.

Por facilidad se decidió instalar el PLC en el CCM2 (central), aquí se controla un total de siete aireadores por lo cual basto solo con tomar 7 pares de cables #14 de 6 metros cada uno para conectarlos a sus salidas correspondientes en el PLC.

Para el CCM3 se tendieron 11 cables de 100 metros de longitud calibre #14 dentro de la tubería que conecta con el CCM2 donde se instaló el PLC. 9 de los cables se ocuparon para conectar los tres aireadores de lagunas 3 y uno de la línea exterior de laguna 2 y los últimos tres hilos se emplearon para el sensor de oxígeno, se utilizaron por cada motor un par de cables según el diagrama de la figura 4.4. Cabe mencionar que dos motores no fueron cableados puesto que están fuera de servicio.

En el CCM1 se controlan tres aireadores de laguna 2 y por cuestiones de ahorro de cable se tendieron únicamente 4 de 100 metros de longitud calibre #14 dentro de la tubería que se conecta con el CCM2. En este caso también se tuvo que hacer una pequeña modificación en los gabinetes como se muestra en la siguiente figura.

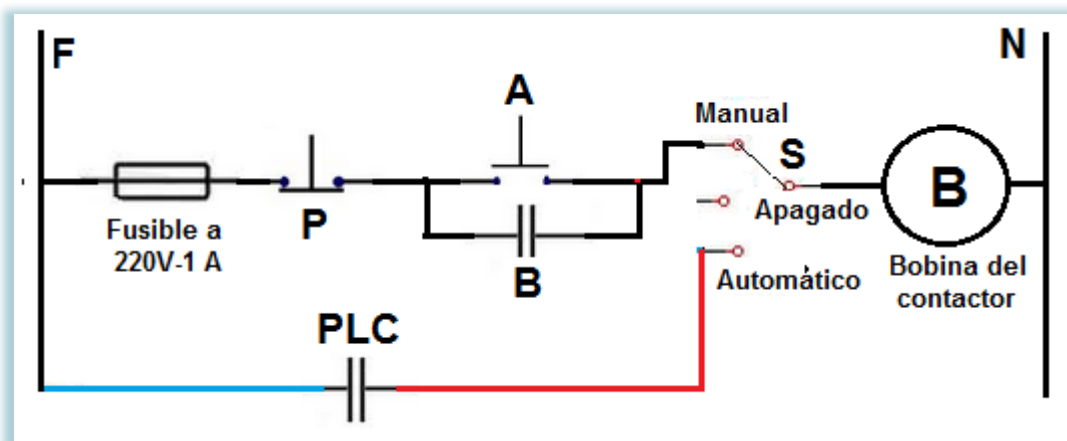


Figura 4.5.- conexionado de los gabinetes para CCM1

En la figura 4.5 se puede ver que la fase se toma del cable (azul) y es común para los tres motores y los otros tres cables (rojos) se toman de las bobinas de cada motor, la desventaja en esta configuración es que los fusibles quedan fuera de operación en el modo automático ya que la señal de la fase se toma antes de ellos.

### 4.1.3.- CABLEADO DEL SENSOR DE OXIGENO AL GABINETE DE CONTROL

Como se menciona anteriormente respecto al cableado del CCM3 sobraron 3 cables destinados para el sensor de oxígeno.

Después de adaptar el sensor de oxígeno al monitor D.O (Oxígeno Disuelto) así como las conexiones de la línea de aire y el sistema de auto limpieza (ver más detalle en el anexo 3). Se procedió a la conexión de las salidas digitales tal como se ve en la figura 4.6.

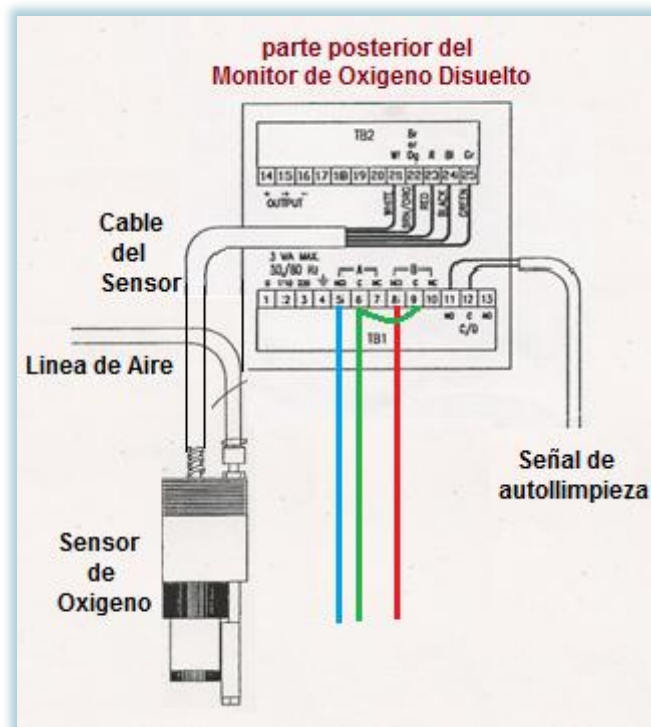


Figura 4.6.- Cableado del Monitor Sensor Oxígeno O.D

Se observa claramente que los tres cables van conectados a los relevadores de salida, el azul se conecta al NA (Normalmente Abierto) del relevador A, el rojo se conecta al NA (Normalmente Abierto) del relevador B y el verde se conecta al común de ambos. Cuando se activa el relevador A es indicio de que el nivel de oxígeno está por arriba del rango establecido y cuando se activa el B es todo lo contrario.

#### 4.1.4.- FUNCIONAMIENTO DE LA LOGICA DE PROGRAMACION

Cuando el sistema es energizado se activan primeramente con retardos de 15 segundos entre uno y otro las salidas **OH, OJ, OK Y 01** correspondientes a los huracanes de laguna 3 y el central de laguna 2.

Posteriormente checa el estado del Bloque **B27CAM** que es el indicador semanal y verifica que línea debe entrar en operación sin importar el estado en que estén los contactos del sensor de oxígeno, el orden de encendido de las salidas del PLC de acuerdo a los estados en alto del **B27 CAM** son:

Salida 1.- **02 - 03 - 08 - 04** (semana 1)

Salida 2.- **05 - 06 - 09 – 07** (semana 2)

Salida 3.-**OL - OF - OA – OG** (semana 3)

Después de encender **la línea principal** correspondiente a la semana 1 suponiendo que la salida 1 del **B27** está en alto, checa el estado del contacto **B46** del sensor de oxígeno, si este contacto está abierto queda únicamente con **la línea principal** de lo contrario si el contacto cierra enciende **la línea de apoyo** correspondiente a la semana 2 y al mismo tiempo entra el temporizador **B143** de 30 minutos.

Una vez transcurrido los 30 minutos de **B143** verifica nuevamente el estado del contacto **B46** si ya abrió su contacto se apaga **la línea de apoyo** quedando únicamente la principal. En caso contrario si sigue cerrado el contacto enciende la última línea correspondiente a la semana 3 llamada **línea de emergencia** y al mismo tiempo entra el temporizador **B147** de 30 minutos.

Una vez transcurrido los 30 minutos de **B147** verifica nuevamente el estado del contacto **B46** y se presentan 2 condiciones

- 1) si ya abrió su contacto el **B46**, la función **booleana B154** verifica que los 2 contactos del sensor **B46** y **B45** estén abiertos (manteniendo la histéresis óptima) si esto se cumple apaga la **línea de emergencia** en caso contrario si el **B45** esta cerrado su contacto apaga la **línea de emergencia** y la **línea de apoyo**.
- 2) si sigue cerrado el contacto **B46** mantiene encendida la **línea de emergencia** y activa la alarma sonora.

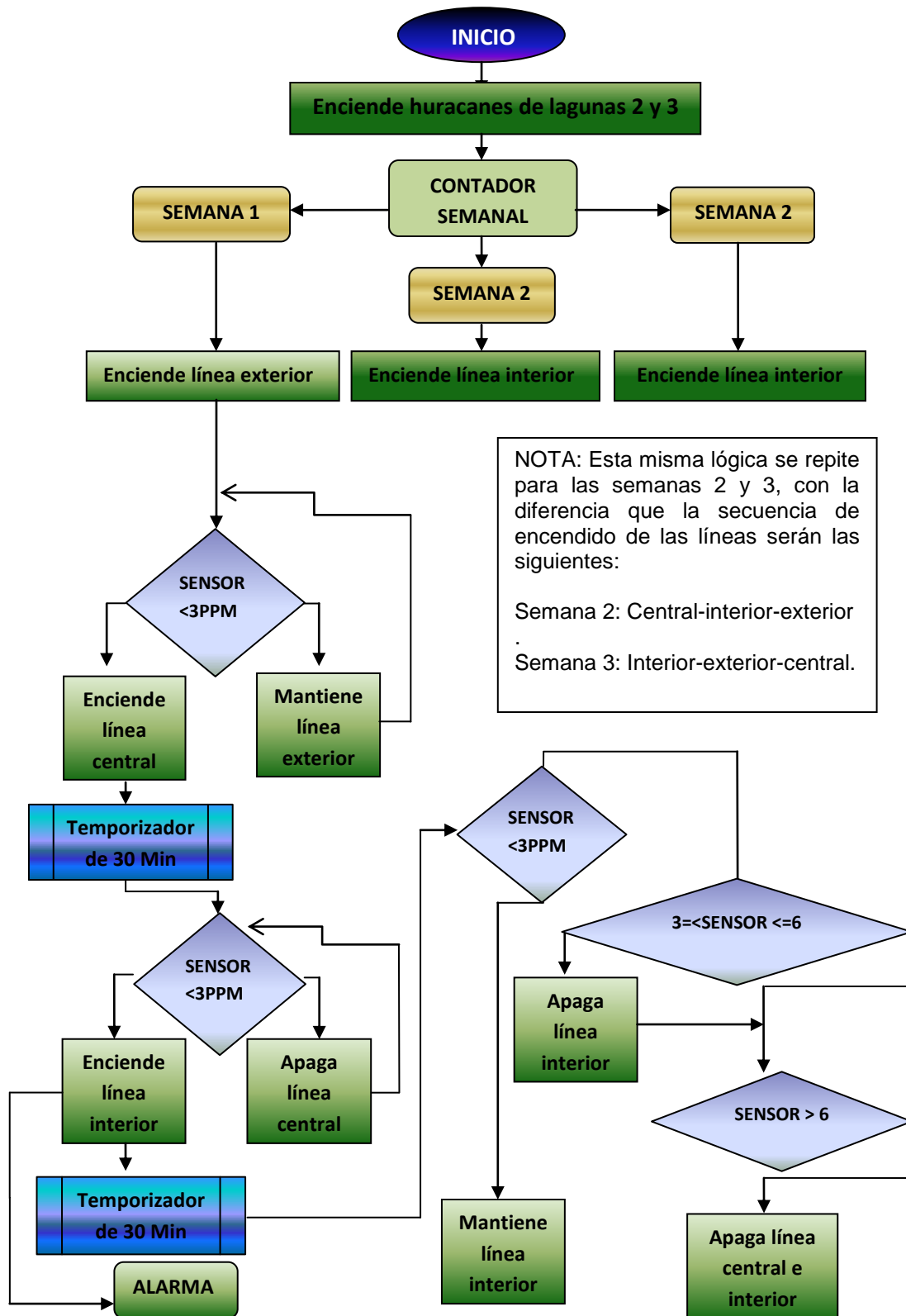
Posteriormente pasado una semana el Bloque **B27CAM** apaga la salida 1 y enciende la salida 2 en este momento la salida 2 es la **línea principal**. Se respetan todas las condiciones anteriores solamente cambian de nombre las salidas 3 que es **línea de apoyo** y 1 que es **línea de emergencia**.

Como el **B27 CAM** es secuencial al llegar la tercera semana se activa la salida 3 y se apaga la salida 2, volviendo a pasar lo mismo que lo anterior la salida 3 es la línea principal, la salida 1 **es línea de apoyo** y la salida 2 es **línea de emergencia**.

En el momento del cambio de líneas semanales por el **B27 CAM** si habían 2 líneas encendidas la **función booleana B24** y **B32** respetan esta acción, en caso contrarios que al momento del cambio están 3 líneas encendidas las mismas funciones **booleanas B24** y **B32** respetan esta acción. Después de cumplir la secuencia del **CAM B27** vuelve a repetirse el ciclo de encendido de las salidas y por consecuencia se repite el ciclo de la programación.



#### 4.1.5.-DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL



#### 4.1.6.- DIAGRAMA COMPLETO DE CONEXIONADO DEL PLC

Después de cablear todo los motores y el sensor de oxígeno al gabinete de control se conectaron al PLC.

En la siguiente imagen se presenta el cableado completo del sistema de control tal y como quedo instalado. Cabe mencionar que los relevadores de entrada corresponden a la salida digital que nos proporciona el sensor de oxígeno.

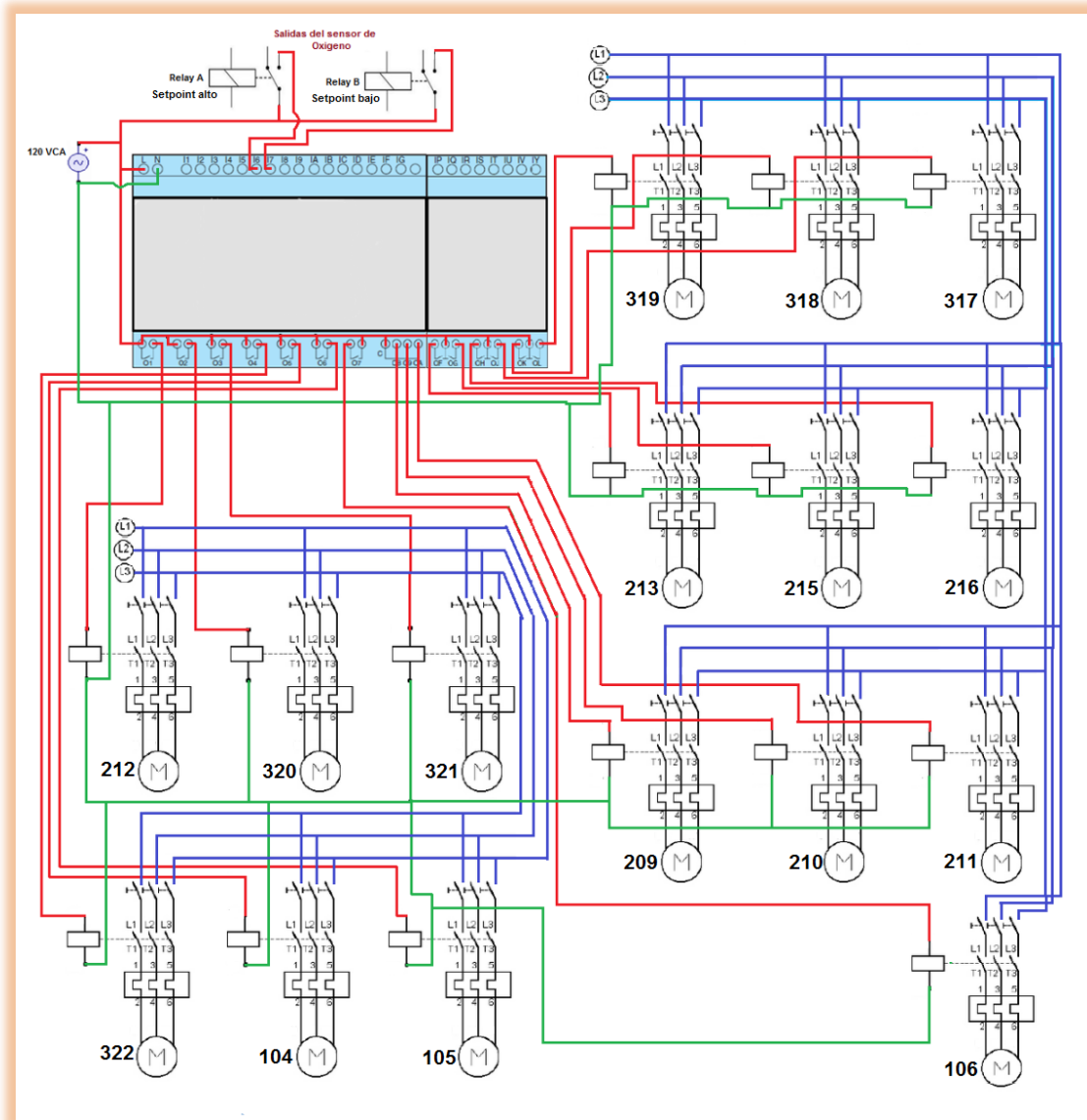




















Figura 4.7 diagrama de conexionado del sistema

## 4.1.7.-TABLA DE DIRECCIONES

### Entradas físicas

| Entrada | N.º | Símbolo   | Función | Modif. | Parámetros        | Comentario |
|---------|-----|---|---------|--------|-------------------|------------|
| I6      | B45 |  | Relé    | ---    | No hay parámetros | 6 PPM      |
| I7      | B46 |  | Relé    | ---    | No hay parámetros | 2.5 PPM    |

### Salidas físicas

| Salida   | N.º  | Símbolo   | Función | Comentario |
|----------|------|---|---------|------------|
| O1       | B00  |    | Motor   | 212        |
| O2       | B01  |    | Motor   | 317        |
| O3       | B02  |    | Motor   | 209        |
| O4       | B03  |    | Motor   | 216        |
| O5       | B04  |   | Motor   | 318        |
| O6       | B05  |  | Motor   | 215        |
| O7       | B06  |  | Motor   | 210        |
| O8       | B07  |  | Motor   | 106        |
| O9       | B08  |  | Motor   | 105        |
| OA       | B09  |  | Motor   | 104        |
| OF<br>YR | B10  |  | Motor   | 213        |
| OG<br>YR | B11  |  | Motor   | 211        |
| OH<br>YR | B12  |  | Motor   | 320        |
| OJ<br>YR | B73  |  | Motor   | 322        |
| OK<br>YR | B171 |  | Motor   | 321        |
| OL<br>YR | B172 |  | Motor   | 319        |

## 4.2.-RESULTADOS, PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS

Todos los resultados que se adquieren dentro de las etapas de realizar un proyecto estructurado conllevan a ser buenos resultados, dentro de estos buenos resultados el proyecto que estamos describiendo arroja muchos datos a procesar y que son de carácter cuantitativo y cualitativo durante el periodo de realización como en su etapa de terminación.

Durante este proceso se obtuvieron graficas, tablas que describen el proceso de trabajo de las lagunas y el programa o simulador en el que se desarrollo el diseño que se cargo al PLC, y otros atributos que a continuación se describen.

El proyecto control automático de aireadores, concluyo con los siguientes resultados más significativos.

Existen 3 cuartos de control denominados CCM (cuartos de control de motores 1, 2, 3). Los cuales están destinados para la operación del control manual de motores para cada aireador y es aquí donde se desarrollo todo el cableado, cada CCM tiene las siguientes características. Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1 características de los CCM

| CCM   | Cantidad-de motores | Laguna controlada | N. de cada motor            |
|-------|---------------------|-------------------|-----------------------------|
| CCM1  | 3                   | laguna 2          | 317-318-319                 |
| CCM2  | 7                   | laguna 2          | 100-209-210-211-213-215-216 |
| CCM3  | 6                   | laguna 2 y 3      | 104-105-106-107-108-109     |
| Total | 16                  | 2                 |                             |

*Origen:* datos tomados de unidad eléctrica, y supervisados en lagunas 2 y 3.

Como se ilustra en el diagrama de conexionado la señal de salida del PLC controlan a los aireadores, físicamente esta conexión se realizo en 3 cuartos de control de motores. A continuación se da una breve explicación sobre las características de cada CCM:



Figura: 4.8 CCM1

El CCM 1 consta de tres cajas de operación manual donde cada uno controla un motor trifásico de 440 VCA. Para el accionamiento de los motores cada caja cuenta con su correspondiente circuito de potencia: un magno térmico, contactor y un relé térmico. Este CCM controla únicamente aireadores de laguna 2. Para no confundir cada caja se etiquetaron con unos números 317 - 318 - 319 respecto al motor correspondiente, estos números fueron asignados por la jefatura de unidad eléctrica de la empresa.



Figura: 4.9 CCM2

El CCM2 controla 7 motores y cada caja consta con su correspondiente circuito de potencia. Este CCM está destinado solamente para controlar aireadores de laguna 2, para no confundir cada aireador al igual que el anterior se etiqueto con números 100 - 209 - 210 - 211 - 213 - 215 - 216 respectivamente.



Figura: 4.10 CCM3

El CCM3 controla 6 motores trifásicos y está destinado para controlar los aireadores de lagunas 2 y 3. Al igual que los otros las cajas se etiquetaron con un números del 104-105-106-107-108-109 respectivamente.

El PLC millenium quedo como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 4.11 PLC funcionando y cableado

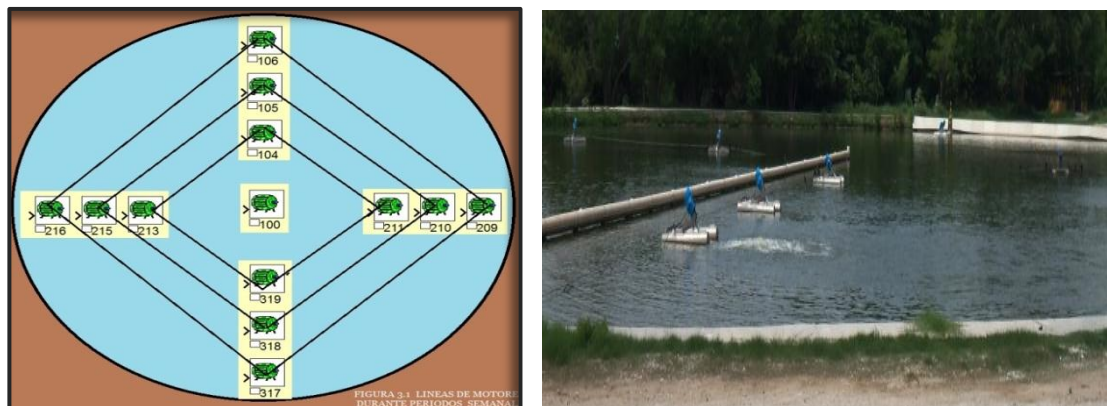
#### 4.2.1.- POSICION DE LOS AIREADORES EN CADA LAGUNA

Los equipos de aireadores no fueron removidos físicamente, es decir siguen ubicados de la misma forma que se encontraban cuando trabajaban en modo manual, a continuación describo las características de laguna 2.44

##### Laguna 2

En laguna 2 quedaron 12 aireadores de la marca Aeromix tipo tornado de 15 HP cada uno y un aireador tipo huracán o tifón colocado en el centro de la laguna.

Para poder entender con mayor claridad como y cuales son los aireadores que se activaran y como lo harán, a continuación se ilustra una figura (figura 4.12) y las características de su funcionamiento.



Figuras 4.12 ubicación de los aireadores en laguna 2

En laguna 2 existen 13 aireadores los cuales están distribuidos en forma de una cruz y en el centro un huracán, fueron puestos de esta manera ya que al realizar diversas posiciones dentro de la laguna esta fue la más conveniente la cual mantiene en movimiento toda el agua de la laguna, cabe mencionar que el agua gira en dirección contraria a las manecillas del reloj.

En la siguiente tabla se muestra la manera en que encenderan los aireadores en modo automatico y como lo haran.

Tabla 4.2 de operaciones de los aireadores para laguna 2

| <b>LAGUNA 2</b>          | <b>Semana 1</b>       | <b>Semana 2</b>       | <b>Semana 3</b>       |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Laguna 2<br>tipo aerobia | Línea 1 principal     | Línea 2 principal     | Línea 3 principal     |
|                          | Línea 2 Apoyo         | Línea 3 Apoyo         | Línea 1 Apoyo         |
|                          | Línea 3<br>emergencia | Línea 1<br>Emergencia | Línea 2<br>Emergencia |

En esta tabla estan los resultados de las lineas que se enciendieron estando el sistema ya en funcionamiento, estos resultados pueden compararse con la tabla anterior y poder verificar las semejanzas.

Tabla 4.3 encendido de lineas proceso automatico basado en PLC.

|          | <b>Semana 1</b>   | <b>Semana 2</b>   | <b>Semana 3</b>    |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Laguna 2 | Línea 1 principal | Línea 2 principal | Línea 3 principal  |
|          | Línea 2 apoyo     | Línea 3 apoyo     | Línea 1 apoyo      |
|          |                   |                   | Línea 2 emergencia |
|          |                   |                   |                    |

La tabla anterior muestra que los aireadores encenderan por lineas. Cada linea tendra un periodo de trabajo de una semana despues sera la siguiente linea y posteriormente la ultima, con esto se logra cumplir uno de los objetivos rotar el periodo de vida de los aireadores, solo en caso de requerir mas oxigeno laguna aerobia se encenderian las lineas siguientes.





Imagen 4.13 laguna 2 o laguna aerobia

En la tabla 4.3 los resultados obtenidos de las semana 1 y 2 se tomaron durante el día, mientras que en la semana 3 se tomaron datos de la noche, en esta ultima semana encienden las 3 líneas porque por las noches el nivel de oxígeno decae por el proceso de la fotosíntesis y se necesita una mayor DBO por lo cual encienden las 3 líneas, con esto se observa que la manera de activar los aireadores en operaciones reales cumple lo planteado en la tabla 4.2.

## Laguna 3

Esta es la ultima laguna llamada facultativa o de maduracion es el ultimo periodo del tratamiento, los aireadores tipo huracan quedaron como se muestra en la figura. Aunque solo existen 3 por el tipo de laguna siendo una laguna aerobia y anaerobia sus 3 aireadores son controlados por el PLC Millenium XD26.

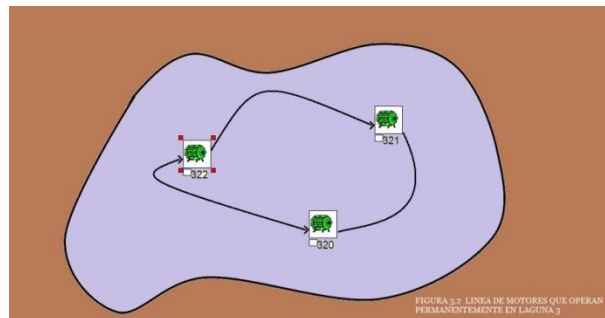


Figura 4.14 laguna 3

Los 3 aireadores de laguna 3, se encuentran encendido de manera permanente es decir en esta laguna los 3 aireadores tipo tifón están trabajando las 24 horas del día los 365 días del año.



Imagen 4.15 laguna 3 o laguna facultativa

#### 4.2.2.- ALARMA DE EMERGENCIA

Cuando están encendidas las 3 líneas de operación la principal, de apoyo y emergencia en lagunas significa que el nivel de oxígeno esta por debajo de los limites establecidos, justamente en ese momento se activa una alarma con sirena la cual se alimenta de 12 vcc.

Como todas las salidas del PLC están ocupadas se tomo los últimos aireadores de cada línea, por lo tanto cuando se cierran los 3 contactos del PLC se activa la alarma cerrando 3 relevadores que energizan a la alarma.

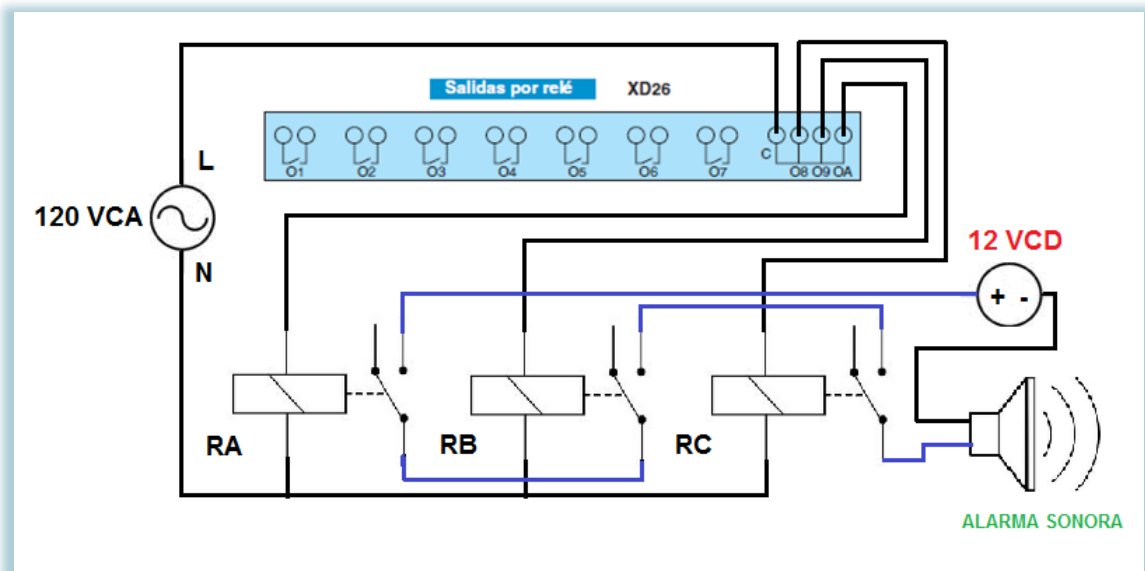


Figura 4.16 Diagrama esquemático de alarma



Figura 4.17 imagen real del juego de relevadores de la alarma



Figura 4.18 alarma sonora

Por cuestiones de tiempo esta alarma queda inconclusa, al momento de activarse llega un operador a desactivarla, no contiene un paro del sistema de alarma, esta alarma sonora queda con estos márgenes de errores.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

El desarrollar la automatización de aireadores en la planta COMEXA fue todo un reto personal y profesional, para llevar a cabo este proyecto se analizaron diversas variables; desde características y comportamiento de la disolución de oxígeno en el agua hasta analizar las características, especificaciones y funcionalidad de los dispositivos electrónicos que utilizamos. Todo con la finalidad de cumplir los objetivos planteados en el proyecto.

Con todo esto, se logro el objetivo principal de cambiar el sistema de aireación de las lagunas de manera manual a forma automática Manteniendo en todo momento un nivel apropiado de oxigenación en las lagunas, encendiendo solamente los aireadores necesarios en función de la demanda biológica de oxígeno obteniendo así un notable ahorro de energía eléctrica.

Además el sistema tiene la capacidad de avisar a los encargados de tratamiento de aguas mediante una alarma sonora, cuando el nivel de oxígeno es demasíadamente crítico aun estando todos los aireadores en operación.

## **Recomendaciones**

Por ultimo se recomienda a la planta productora de moscas, colocar cada aireador a la misma distancia ya que actualmente no todos están distribuidos a la misma longitud y esto afecta al movimiento circular del agua y por consiguiente la disolución uniforme de oxígeno en toda la laguna.

También se recomienda cambiar los módulos de las tarjetas de aislamiento para el PLC que quedaron solo en diseño por relevadores de estados sólidos, ya que estos son más eficientes y están diseñados para operar en ambientes industriales

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Ave West, Madison. Installation, Operation, and Maintenance Manual (1ª. Edition), AEROMIX – Specialists in Aeration, Mixing and Process Equipment: 2007.
- ❖ Manual Model B15/60 AUTO-CLEAN DISSOLVED OXYGEN MONITOR. Analytical Technology, Inc.
- ❖ [http://www.gusanobarrenador.org/comexa/Comision\\_Mexico\\_Americana\\_para\\_la\\_Eradicacion\\_del\\_Gusano\\_Barrenador\\_del\\_Ganado.html](http://www.gusanobarrenador.org/comexa/Comision_Mexico_Americana_para_la_Eradicacion_del_Gusano_Barrenador_del_Ganado.html)
- ❖
- ❖ López, R., Morales, J., Díaz, A., Vaca, M., Lara, A., Lizardi, A. (2020). Modelado del flujo en una planta de tratamiento de agua. XII Congreso Nacional 2000 Ciencia y Conciencia FEMISCA-AIDIS, 21-24 de Marzo, Morelia, Michoacán, México.
- ❖
- ❖ Ramalho, R. S., (1998). Tratamiento de Aguas Residuales. Edit. Reverté, S. A
- ❖
- ❖ Lizardi, A., Díaz, A., López, R., Morales, J. R., Lara, A. (2001). Diseño de un dispositivo para aireación de aguas residuales. 6° Congreso Nacional de Ingeniería E electromecánica y de sistemas, 27-30 de noviembre, ciudad de México, D.F., México.

## **ANEXOS**



## Anexo 1 PROGRAMA DE CONTROL AUTOMATICO DE AIREADORES

La siguiente imagen muestra la programación del control automático de aireadores de laguna 2 y 3. Se programo en el Software Lógico M3 de Cruzet versión 2.3. Utilizando un lenguaje BDF “diagrama de bloques”.

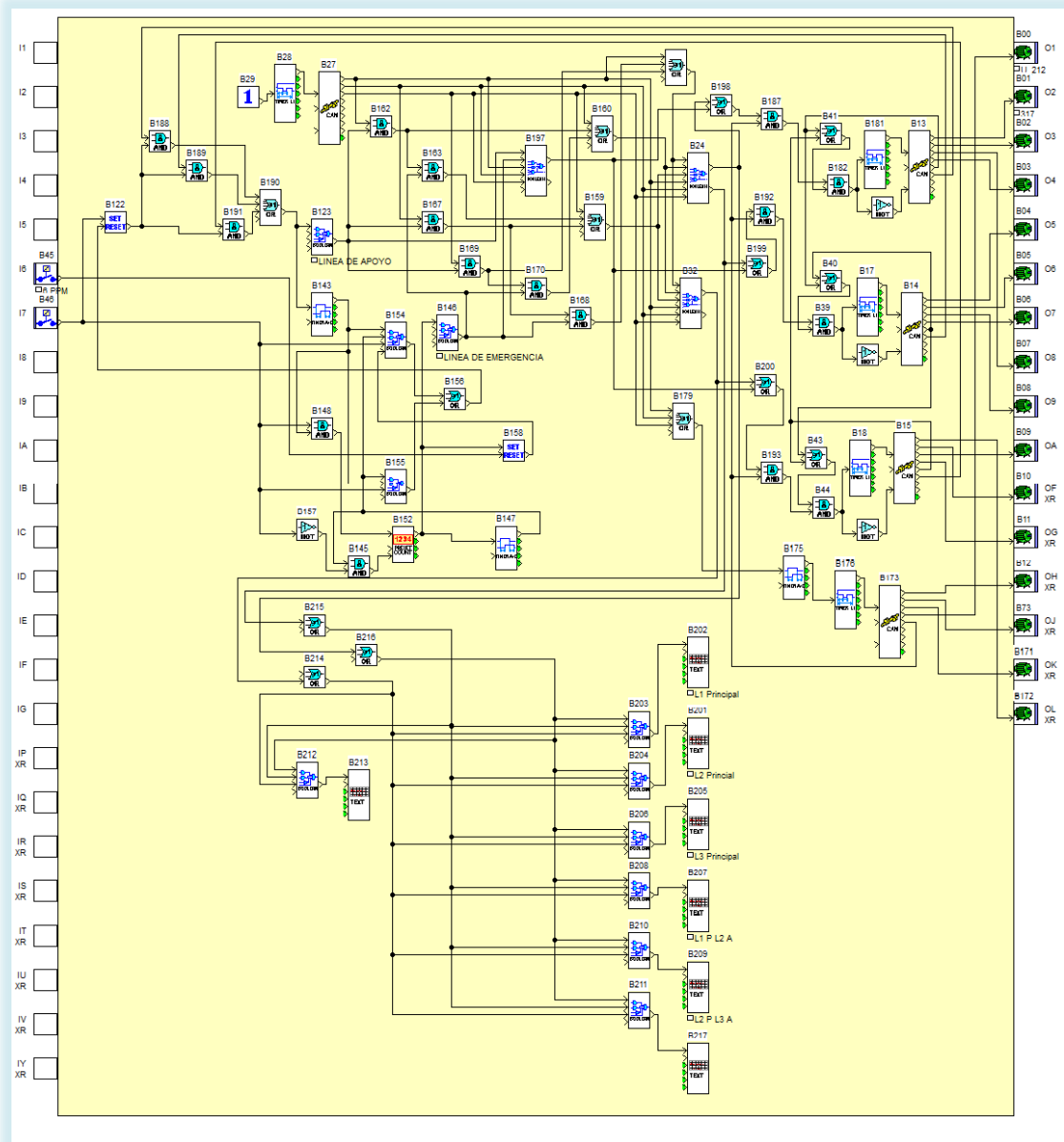


Figura 4.9 Programación del PLC control automático de aireadores

## Crouzet

Crouzet, un fabricante líder de componentes de control de automatización, ofrece una amplia gama de controladores.

### Controladores lógicos

El Millenium 3 es la última generación de micro-PLC. Es fácil de programar (programación de escalera o el uso de bloques de función / SFC Grafset), ofrece capacidades de comunicación (a través de módem o una red, con la opción de supervisión de Internet) y tiene una amplia gama de accesorios (aparatos de visualización, pantallas táctiles, sensores, fuentes de alimentación)

Estos productos se utilizan en aplicaciones tales como calefacción / aire acondicionado, control de acceso, las bombas de calor, el agua y el tratamiento del aire, tratamiento de residuos, de elevación y manipulación, equipo médico y el manejo de la bomba. Tipos de controlados de Crouzet .



Figura 1 tipos de PLC Crouzet

## Anexo 2

### GUSANO BARRENADOR DEL GANADO

Que es el gusano barrenador del ganado GBG es un parásito que puede causar grandes daños al ganado doméstico y a otros animales de sangre caliente. La larva de esta plaga se alberga en las heridas abiertas y se alimenta de la carne viva de los animales huéspedes. Muy rara vez se han reportado casos en seres humanos.

En 1976, se dedicó una planta nueva para la producción de gusanos barrenadores estériles en Chiapas, México.

En la siguiente grafica muestra los brotes de gusano barrenador que han existido en nuestro estado unos cuantos años atrás.

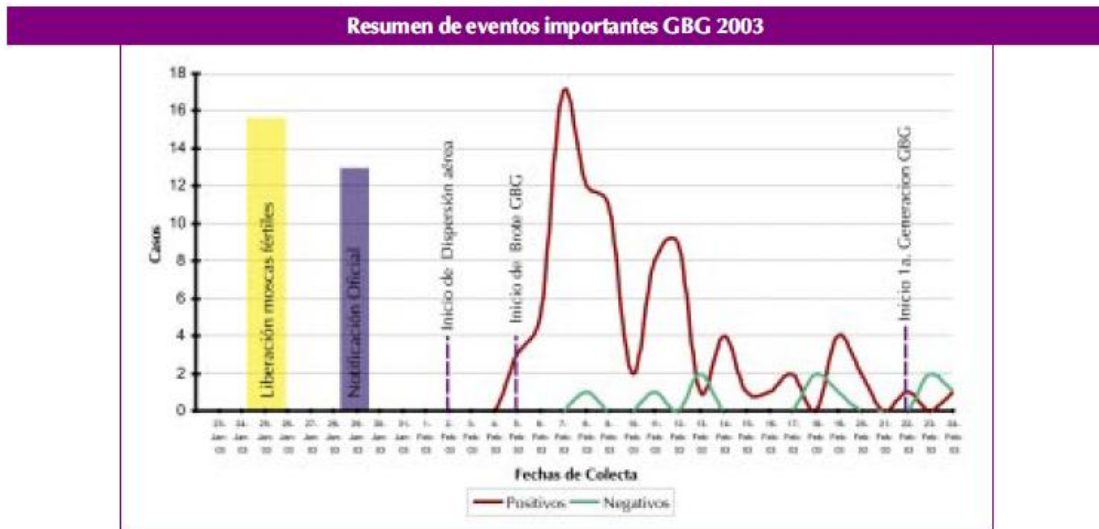


Figura 2 grafica de brotes

## Brotos del gusano barrenador del ganado en es estado de Chiapas

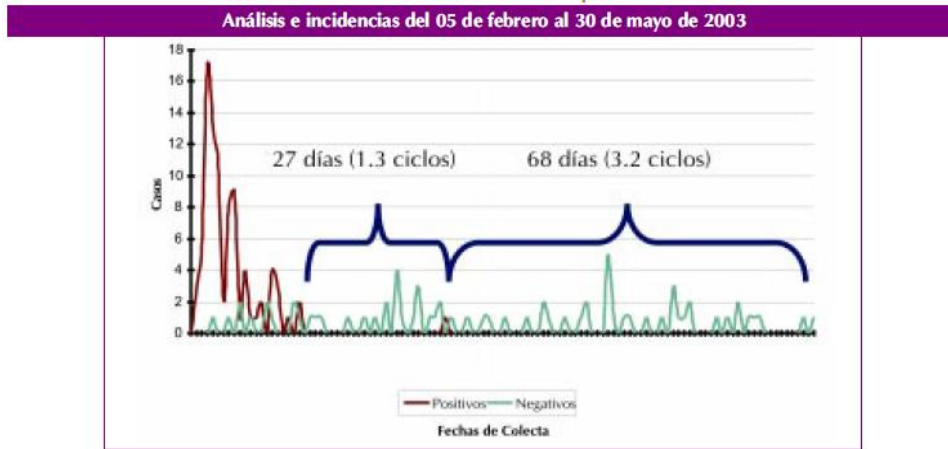


Figura 3 brotes de en Chiapas.

En el siguiente cuadro, esta la relación de los municipios mas contaminados de GBG en nuestra entidad y surgieron 88 casos de positivos en las primeros cuatros años de haber estado en Chiapas.

**Cuadro 1**

**Relación de casos y focos de GBG por municipio**

| Municipios afectados | Nº de Casos | Nº de Focos | %         |               |
|----------------------|-------------|-------------|-----------|---------------|
| Acala                | 5           | 5           | 7         |               |
| Arriaga              | 2           | 2           | 3         |               |
| Berriozabal          | 6           | 6           | 8         |               |
| Bochil               | 1           | 1           | 1         |               |
| Chiapa de Corzo      | 52          | 37          | 51        |               |
| Ixtapa               | 3           | 3           | 4         |               |
| La Concordia         | 1           | 1           | 1         |               |
| Ocozacoautla         | 2           | 1           | 1         |               |
| San Fernando         | 5           | 5           | 7         |               |
| Suchiapa             | 3           | 3           | 4         |               |
| Tuxtla Gutiérrez     | 4           | 4           | 6         |               |
| Villacorzo           | 4           | 4           | 6         |               |
| <b>Total</b>         | <b>12</b>   | <b>88</b>   | <b>72</b> | <b>100.00</b> |

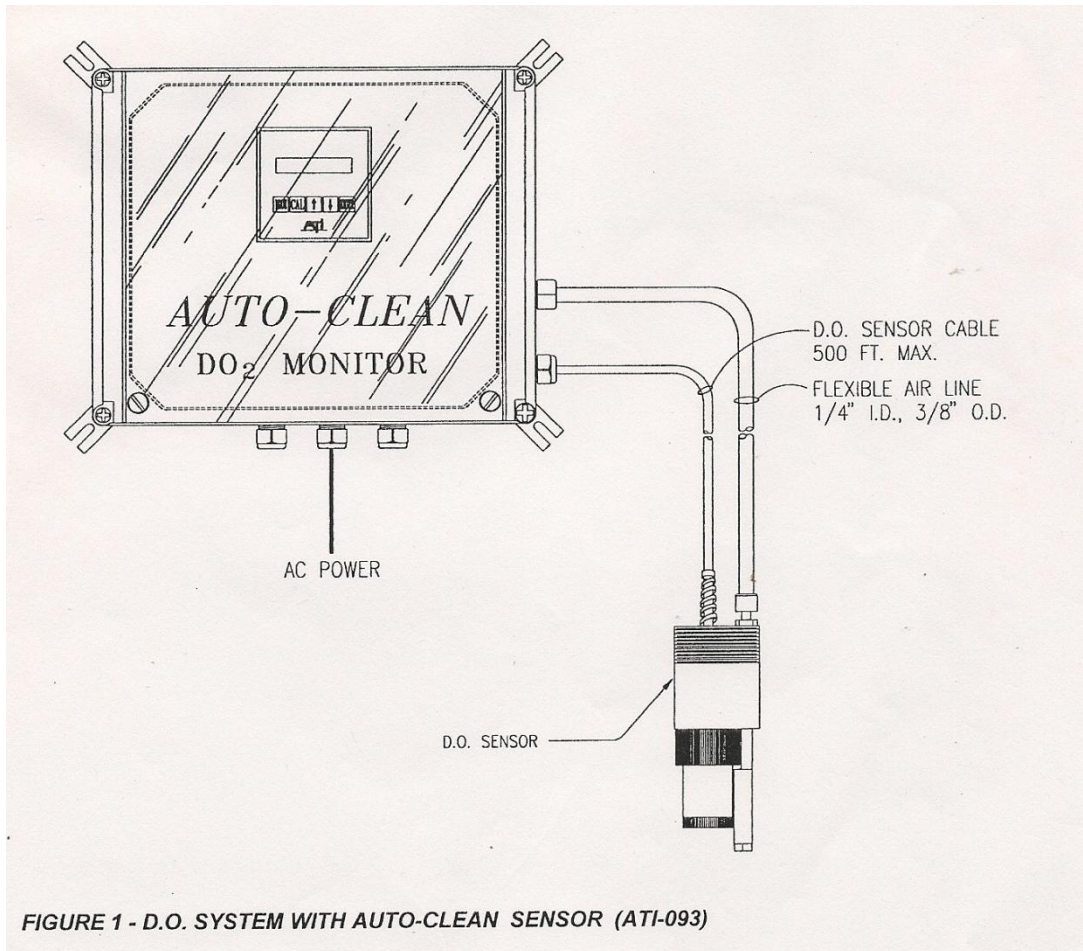
Tabla Anexo 2 Estados contaminados

Hasta el día de hoy la plaga del GBG se ha erradicado del estado de Chiapas, y de todo el país y Centroamérica, pero debemos prestar atención por que en cualquier momento los brotes pueden surgir y para ello contamos con COMEXA una planta productora de moscas para cuidar nuestra salud y nuestros ganados.



Figura anexo 2 ciclo de vida de la mosca.

### Anexo 3 conexiones eléctricas del sensor de oxígeno



PARTIAL VIEW OF SUB-PANEL  
IN AUTO-CLEAN CONTROL

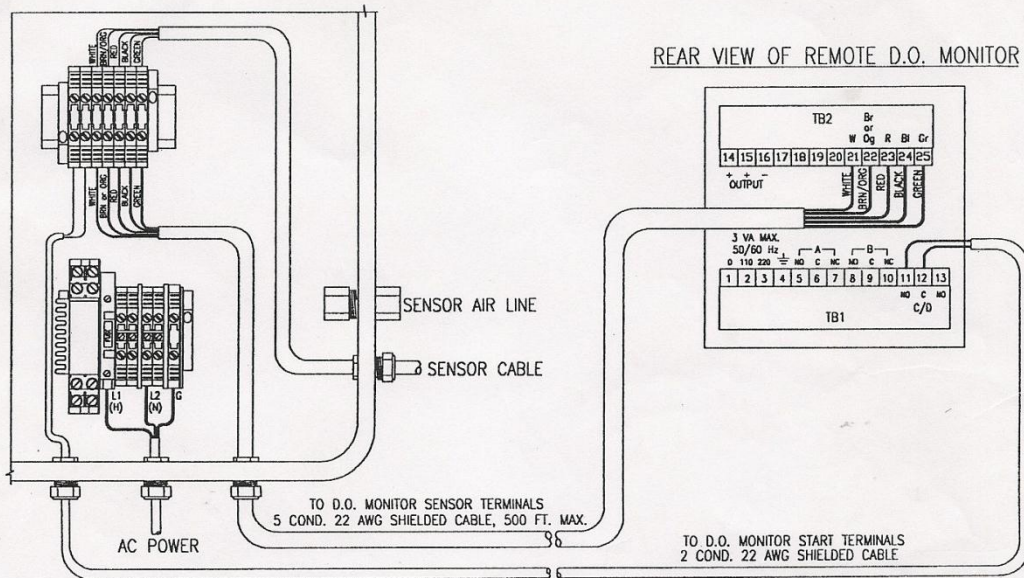
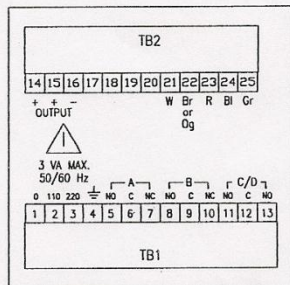


FIGURE 8- REMOTE D.O. MONITOR TO CLEANER CONNECTION (ATI-0221)



- | TB1                                 | TB2                           |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1: AC POWER - Neutral               | 14: MA OUTPUT (+) D.O.        |
| 2: AC POWER - 110V - HOT            | 15: MA OUTPUT (+) Temperature |
| 3: AC POWER - 220V - HOT            | 16: MA OUTPUT (-)             |
| 4: AC - GROUND                      | 17: UNUSED                    |
| 5: RELAY A - Normally open          | 18: UNUSED                    |
| 6: RELAY A - Common                 | 19: UNUSED                    |
| 7: RELAY A - Normally closed        | 20: UNUSED                    |
| 8: RELAY B - Normally open          | 21: SENSOR - White            |
| 9: RELAY B - Common                 | 22: SENSOR - Brown or Orange  |
| 10: RELAY B - Normally closed       | 23: SENSOR - Red              |
| 11: CLEANER RELAY C - Normally open | 24: SENSOR - Black            |
| 12: RELAY C/D - Common              | 25: SENSOR - Green            |
| 13: CLEANER RELAY D - Normally open |                               |

FIGURE 9 - D.O. MONITOR REAR TERMINAL CONNECTIONS (ATI-040)

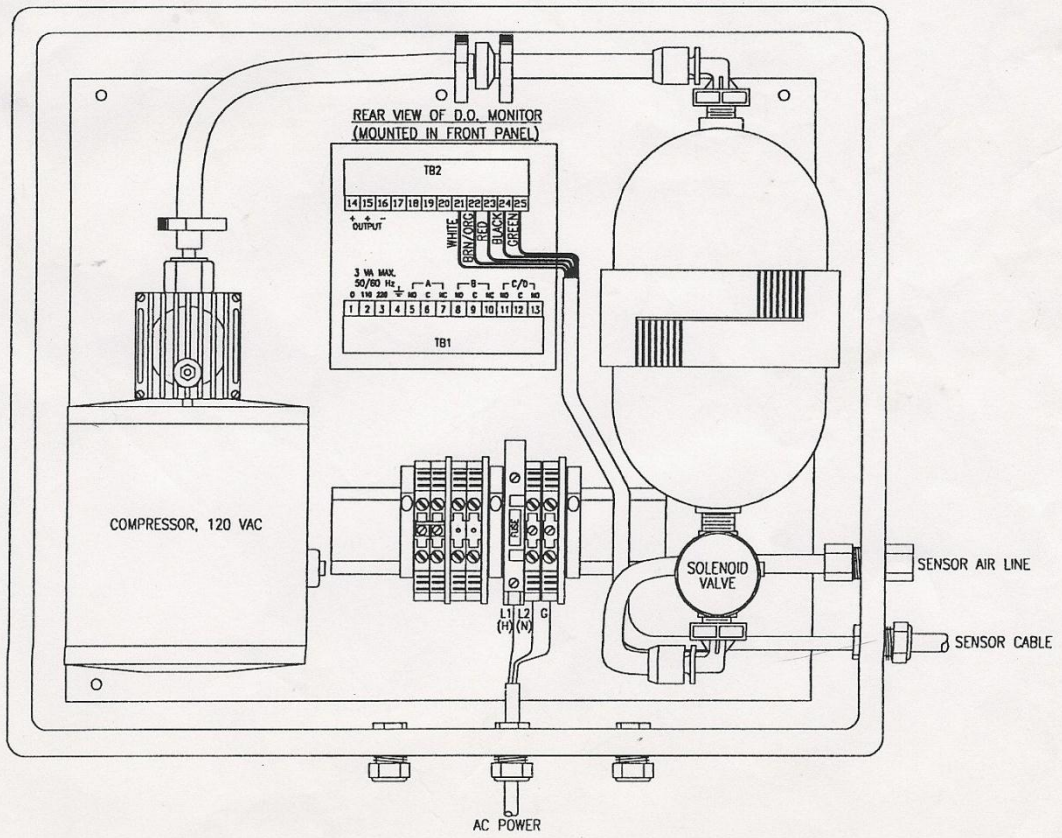


FIGURE 7 - D.O. MONITOR ELECTRICAL CONNECTIONS (ATI-0220)



## Anexo 3

### Imágenes del PLC funcionando



Imagen anexo 3 PLC en operación automático con paro de emergencia

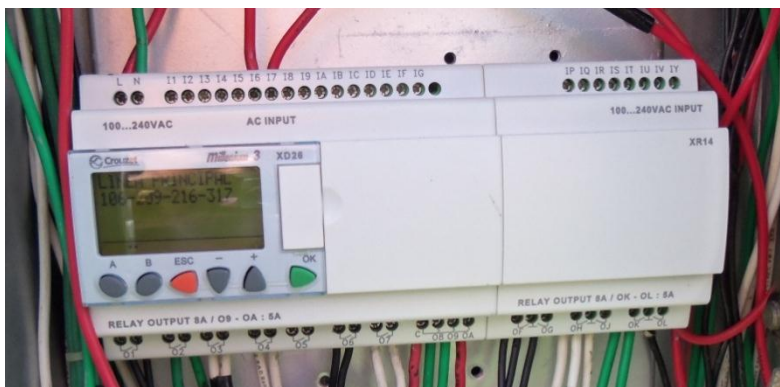


Imagen anexo 3.1 PLC en operación en CCM2

## Anexo 4

### Conexión del sensor de oxígeno

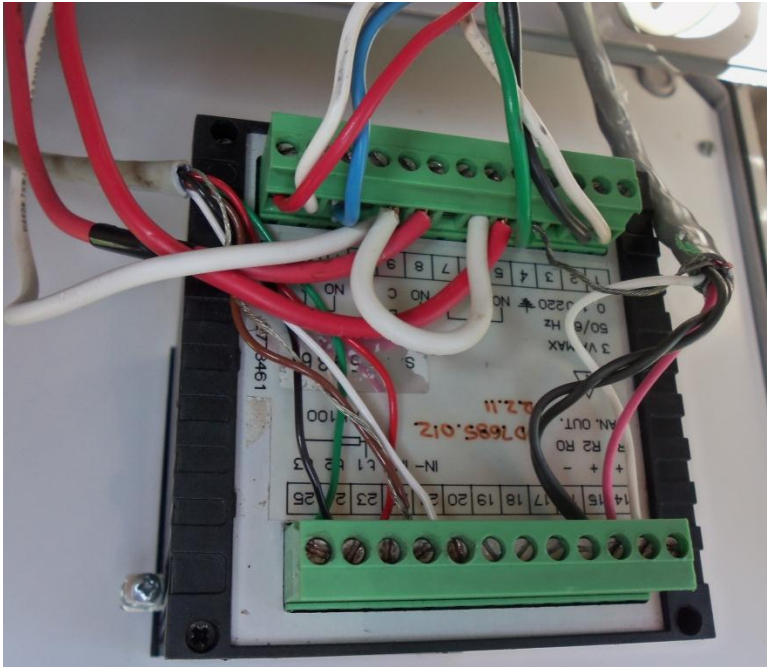


Figura anexo 4 conexión del sensor de oxígeno



Figura anexo 4.1 conexiones físicas del sensor, con auto-clean