



ITSSAT

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

MAESTRIA EN INGENIERÍA

PRESENTA

SANTOS TORRES NOLASCO

“PROTOTIPO DE SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y
MONITOREO DE ARRANCADORES DE ENCENDIDO Y APAGADO
DE BOMBAS DE AGUA”

OPCIÓN

I. TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA
SAN ANDRÉS TUXTLA, VER. MAYO DEL 2022

San Andrés Tuxtla, Veracruz, **30/Enero/2023**

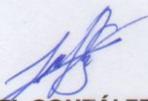
OFICIO No Oficio No. DG/DA/SPI/03/2023
Asunto: Liberación de tesis.

MCIQ. INDRA DE LA O ORTIZ
SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por Este medio comunicamos a usted que la comisión revisora designada para analizar la Tesis denominada **"PROTOTIPO DE SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE ARRANCADORES DE ENCENDIDO Y APAGADO DE BOMBAS DE AGUA"** que como parte de los requisitos para obtener el grado académico de **Maestría en Ingeniería** que presenta el **INC. SANTOS TORRES NOLASCO** con numero de control M181U0012, para sustentar el acto Recepcional Profesional, ha dictaminado que dicho trabajo reúne las características de contenido y calidad necesarias para proceder a la impresión del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Transformarse para trascender"


MTI JUAN RAFAEL GONZÁLEZ CADENA
DIRECTOR DE TESIS

C.p.p. Dra. Verónica Guerrero Hernández-Presente
C.p. Archivo



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



MAESTRÍA EN INGENIERÍA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

San Andrés Tuxtla, Veracruz, **30/Enero/2023**
OFICIO No Oficio No. **DG/DA/SPI/04/2023**
Asunto: *Autorización de impresión de Tesis*

ING. SANTOS TORRES NOLASCO
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA
PRESENTE

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México y las disposiciones en este Instituto, habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su Trabajo de Tesis titulado "PROTOTIPO DE SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE ARRANCADORES DE ENCENDIDO Y APAGADO DE BOMBAS DE AGUA," la Subdirección de Posgrado e Investigación de este Instituto, concede la Autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin otro particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

"Transformarse para trascender"

MCIQ INDRÁ DE LA O ORTIZ
SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

C.p.p. *Dra. Verónica Guerrero Hernández-Presidenta del NAB Presente*
C.p. *Archivo*

Agradecimientos

A mis padres

Por haberme apoyado en todo momento, siempre brindado lo mejor de ellos.

A mis hermanos

Por haber mostrado confianza en mí, y también por haberme escuchado siempre.

A mis catedráticos

Por haberme brindado su conocimiento y entusiasmo siempre apoyándome y guiándome en este camino que hoy se ve concluido.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Hipótesis	4
1.3.1 Variable independiente	4
1.3.2 Variable dependiente	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Justificación	5
CAPITULO 2. MARCO TEORICO	8
2.1 Descripción del área donde se trabajo	8
2.2 Componentes electromecánicos en las instalaciones de la planta de bombeo.	9
2.2.1 Descripción del equipo eléctrico	9
2.2.1.1 Subestación eléctrica	9
2.2.1.2 Motor eléctrico	9
2.2.1.3 Unidades de arranque	11
2.2.1.4. Interruptores	12
2.1.2. Descripción del equipo mecánico	14
2.1.2.1 Equipos de bombeo	14
2.1.2.2 Arreglo de la descarga	17
2.2 Automatización y monitorización	22
2.3.1 Concepto de automatización	22
2.2.2 Objetivos de la automatización	23
2.2.3 Elementos de un sistema automatizado	23
2.2.3.1. Sensores	23
2.2.3.2 Tipos de sensores	23
2.2.4. Selección de los sensores en la automatización	26
2.2.5 Monitorización	27
2.3 Controlador lógico programable	27
2.3.1. Definición	27
2.3.2 Campos de aplicación	28

2.3.3 Ventajas	28
2.3.4 Desventajas	29
2.3.4 Estructura	29
2.4 Arduino	30
2.4.1 Definición	30
2.4.2 Ventajas	31
2.4.4 Tipos de placas <i>Arduino</i>	31
2.4.4.1 <i>Arduino</i> UNO	31
2.4.4.2 <i>Arduino</i> NANO	32
	35
2.4.4.3 <i>Arduino Mega</i>	35
2.5 Aplicación web	39
2.5.1 Definición	39
2.5.2 Arquitectura	39
2.5.2.1 Servidor web	39
2.5.2.2 Conexiones a red	41
2.5.2.3 Cliente web	42
2.5.3 Modelo de Construcción de Prototipos	44
CAPITULO 3. ANOMALÍAS DEL SISTEMA ACTUAL	48
3.1 Descripción del sistema actual de bombeo	48
3.2 Funcionamiento del sistema actual	48
3.3 Anomalías en el sistema	50
3.4 Selección del equipo del equipo a utilizar para la automatización	51
3.5. Propuesta de automatización usando <i>Arduino</i> y la monitorización	54
3.5.1 Propuesta del uso de una aplicación web para controlar la placa <i>Arduino</i>	54
3.5.2 Propuesta de funcionamiento del sistema utilizando <i>Arduino</i>	54
3.5.2.1 Monitoreo de la presión de la tubería	55
3.5.2.2 Sensor ultrasónico para medir el volumen	55
3.5.2.3 Transformador de corriente <i>HST-21</i> para medir el amperaje del motor	56
3.6 Esquema del sistema	56
3.7 Análisis Económico	57
CAPITULO 4. RESULTADOS	62
4.1 Tipo de investigación	62
4.2. Desarrollo de control y la monitorización	62
4.2.1 Diseño de la interfaz	62

4.3 Resultados	83
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Motor horizontal	9
Fig. 2.2 Motor Vertical	10
Fig. 2.3 Arrancador a tensión plena	12
Fig. 2.4 Tipo de arrancador a tensión reducida	12
Fig. 2.5 Tipos de interruptores	13
Fig. 2.6 Bomba vertical tipo pozo profundo	16
Fig.2.7 Bomba Vertical tipo turbina de bote o Booster	17
Fig.2.8 Válvula de admisión y expulsión de aire	18
Fig. 2.9 Manómetro tipo <i>Bourdon</i>	19
Fig. 2.10 Tipos de válvulas <i>check</i>	20
Fig. 2.11 Tipos de válvulas seccionadoras	21
Fig. 2.12 Válvula de alivio	22
Fig. 2.13 Estructura externa de un PLC compacto	30
Fig.2.14 <i>Arduino</i> Uno Rev 3.0	32
Fig. 2.15 Vista frontal del <i>Arduino Nano</i>	33
Fig. 2.16 Vista trasera del <i>Arduino Nano</i>	33
Fig. 2.17 Placa del <i>Arduino Mega</i>	35
Fig. 3.1 Mapa de Catemaco	50
Fig. 3.2 <i>Seeduino Mega 2500</i>	51
Fig.3.3 Funcionamiento del sensor	52
Fig. 3.4 Sensor HC-SR04	53
Fig. 3.5 Sensor de corriente vista trasera	53
Fig. 3.6 Diseño de la descarga de los pozos	55
Fig. 3.7 Ubicación del sensor ultrasónico dentro del tanque	56
Fig. 3.8 Forma trapezoidal de los tanques de almacenamiento	56
Fig. 3.10 <i>Esquema del sistema</i>	57
Fig. 4.0 Diagrama lógico	62
Fig. 4.1 Caso de uso del cliente <i>Arduino</i>	63
Fig. 4.2 Caso de uso para agregar un motor a la base de datos	63
Fig. 4.3 Caso de uso para agregar un operador a la base de datos	63
Fig. 4.4 Caso de uso para ver la bitácora de la base de datos	67
Fig. 4.5 Caso de uso para controlar el estado del motor	67
Fig. 4.6 Caso de uso para borrar un motor de la base de datos	67
Fig. 4.7 Caso de uso para entrar al sistema	71
Fig.4.8 Diagrama de secuencia envió de información	72
Fig. 4.9 Diagrama de secuencia "Apagar o encender el motor"	72
Fig. 4.10 Diagrama de colaboracion "Agregar operador"	73
Fig.4.11 Diagrama de secuencia "Agregar motor"	73
Fig. 4.12 Diagrama de secuencia "Entrar al sistema"	73
Fig. 4.13 Diagrama de secuencia "Borrar operador de la BD"	74
Fig. 4.14 Diagrama de secuencia "Eliminar motor de la BD"	74
Fig. 4.15 Diagrama de colaboración "Monitoreo"	75
Fig. 4.16 Diagrama de colaboración "Enviando datos a los sensores"	75

Fig. 4.17 Diagrama de actividades "Monitoreo"	76
Fig. 4.18 Diagrama de actividad "Cargar Bitácora"	76
Fig. 4.19 Diagrama de actividades "Eliminar motor de la BD"	77
Fig. 4.20 Diagrama de actividad "Borrar operador"	77
Fig. 4.21 Diagrama de despliegue	78
Fig. 4.22 Diagrama de componentes	78
Fig. 4.23 Diagrama de la estructura de la base de datos	79
Fig. 4.24 Pantalla de Acceso	80
Fig. 4.25 Pantalla principal del sistema	80
Fig. 4.26 Pantalla para agregar un motor a la base de datos	81
Fig. 4.27 Pantalla para agregar un operador a la base de dato	81
Fig. 4.28 Servidor recibiendo datos del <i>Arduino</i>	82
Fig. 4.29 <i>Arduino</i> recibiendo datos del servidor	82
Fig. 4.30 Grafica del consumo eléctrico periodo diciembre-agosto 2015 pozo Abasolo	84
Fig. 4.31 Grafica del consumo eléctrico periodo enero-agosto 2015 pozo Matacalcintla	84

INTRODUCCIÓN

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

Es por eso que el tema central de esta investigación es la automatización de los equipos de bombeo del sistema de suministro del agua del municipio de Catemaco, permitiendo la reducción de los costes de energía y de operación, y a su vez mejorar la calidad del servicio a los usuarios de este vital líquido.

Se considera una investigación de tipo evaluativa en donde se propone un sistema de automatización que es controlada y monitorizada mediante una aplicación web. El primer paso es la identificación de la situación actual, recopilando y analizando los requerimientos necesarios para la automatización en lo que respecta a la parte operativa de los equipos de bombeo para proponer el diseño de un dispositivo electrónico que permita conectarlos a una aplicación web que realizará funciones de control y monitorización de los tanques de agua.

A continuación se identificarán los requerimientos para la parte de mando de la automatización la cual se realizará a través del desarrollo de una aplicación web para la cual se considera el modelo de construcción de prototipos que tiene los siguientes pasos: Plan rápido, modelo de diseño rápido, construcción del prototipo, desarrollo, entrega y retroalimentación y comunicación.

Los anteriores pasos fundamentarán la propuesta de un sistema de automatización para su evaluación para determinar el nivel de reducción de la energía eléctrica y de los costes de operación, utilizando los pasos de una investigación cuantitativa



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) Catemaco, es una organización estatal que brinda agua potable y drenaje a la ciudad de Catemaco, Ver. La cual, por la ubicación de la ciudad y el terreno no plano de esta misma, el suministro de este vital líquido ha sido desde hace muchos años a través de bombas succionadoras de agua, que se ubican en distintos pozos o nacimientos de esta ciudad. Para ser exactos son 4 equipos de bombeo y 2 tanques de almacenamiento.

Estos equipos son controlados y monitorizados por cuatro obreros tres valvuleros y un clorador de esta oficina lo cuales se encargan de hacer funciones como encender y apagar cada equipo en determinado horario, monitorizar el nivel de agua de los tanques de almacenamiento para no producir derrames de este vital líquido, así también la corriente en amperes de los motores y por último la presión de agua en las tuberías de salida con el objetivo de prevenir roturas por sobrepasar la presión correcta

Estos tipos de monitoreo y control manual se realiza de una manera diaria y sin interrupciones, esto ocasiona muchas veces que el sistema falle, por un mal manejo en los tiempos de encendido puede provocar que el equipo se queme y provoque un gasto económico fuerte para la empresa, aparte de un problema para la ciudad ya que se queda sin el suministro de agua.

En la CAEV CATEMACO la automatización se ve como una alternativa para poder brindar un servicio más continuo a las diferentes colonias ya que actualmente se realiza de forma manual el encendido y apagado de los equipos de bombeo, y la monitorización de estos. Es importante señalar que por el terreno donde se encuentra asentado la población es un terreno donde hay mucho desniveles, por tal razón toda el agua suministrada es por bombeo, esto ha causado grandes gastos económicos, tanto de operación como mantenimiento.

Hay nuevas tecnologías que pueden cumplir con este propósito de manera más eficiente, generando menores costos con una mínima inversión de recursos.

El uso de micro controlador, circuitos lógicos como una herramienta de control de los equipos de bombeo y una monitorización remota a través de una aplicación web usada por el personal operador para que ellos puedan tener un mejor manejo del sistema y ser más eficaces en su labor, podría disminuir el gasto eléctrico y de operación de estos equipos de bombeo.

1.2 Formulación del problema

¿Cuánto reducirá el gasto de electricidad y de operación al aplicar un sistema de automatización en los equipos de bombeo?

1.3 Hipótesis

El control automático y el monitoreo de los equipos de bombeo reducen el consumo de energía eléctrica y gastos de operación.

1.3.1 Variable independiente

El control automático y monitoreo de los equipos de bombeo.

Hoy en día la mayoría de las industrias tienen como objetivo tener una producción más controlada y una acción que ayuda es la implementación de micro controlador.

1.3.2 Variable dependiente

Consumo de energía eléctrica y gastos de operación

Como toda industria la finalidad es la reducción por gasto de energía eléctrica y de operación que todo esto se traduce en más recursos para la industria pero también en ayudar al impacto ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Evaluar la propuesta de la automatización del sistema de suministro de Agua del municipio de Catemaco para controlar el encendido y apagado de los equipos de bombeo para la reducción del consumo de energía y la disminución de costos de operación en la comisión de Agua del estado de Veracruz

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir la situación actual de la parte operativa de los equipos de bombeo del municipio de Catemaco para determinar los requerimientos necesarios para el diseño de un dispositivo de control.
- Analizar el mecanismo de encendido y apagado de los equipos de bombeo.
- Diseñar un dispositivo electrónico que permita controlar el encendido y apagado físico de los equipos de bombeo a través
- Diseñar una interfaz web que permita manipular y monitorizar los equipos de bombeo.
- Implementar una aplicación web que realice la automatización de los equipos de bombeo
- Demostrar la utilidad de la automatización del sistema de suministro de agua en la optimización de recursos.

- Evaluar la automatización del sistema de suministro de Agua

1.5 Justificación

El crecimiento natural de la población, el proceso de urbanización registrado en las últimas décadas y una economía productiva más intensiva en el uso del agua, han provocado un rápido aumento en su demanda que no ha sido posible satisfacer.

En las zonas rurales del Estado de Veracruz, en las que habitan alrededor de 2.9 millones de personas en 20,513 localidades menores a 2,500 habitantes, en el año 2000 se tenía una cobertura de agua potable de 44.4 por ciento que beneficiaba a 1.28 millones de habitantes; para 2005 la cobertura aumentó a 56.7 por ciento y en el 2010 se llega al 64 por ciento.

Respecto a los Organismos Operadores de Agua (locales, municipales o regionales), éstos presentan problemas en la operación, mantenimiento y administración de los sistemas de agua potable, algunos se encuentran en grados de ineficiencia, desde una perspectiva técnica y comercial que se manifiesta en la inconformidad de los usuarios. Es frecuente la presencia de problemas de obsolescencia en la infraestructura física, de fugas en sus ductos y de provisión de agua de mala calidad.

CAEV, es una organización estatal gubernamental que brinda agua potable y drenaje a la ciudad de Catemaco Veracruz, México. Por la ubicación y terreno no plano, ha suministrado este vital líquido con bombas succionadoras, que se localizan en distintos pozos y/o nacimientos de esta ciudad.

Las plantas de bombeo, también conocidas como estaciones de bombeo, son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de fluidos de un determinado punto a otro, para satisfacer ciertas necesidades.

El equipo de bombeo de la Oficina Operadora de Catemaco no cuenta con un sistema de control de arranque y paro automático que arranque las bombas en el momento adecuado, por lo que el inicio y paro de los motores lo realizan manualmente tres obreros, mismos que realizan la función de supervisar continuamente los niveles de agua en los tanques de almacenamiento, la presión en las tuberías de salida, además de la tarea de monitorear el amperaje de los motores. Esa supervisión no es exacta al ser necesaria la presencia física del operador, lo cual provoca una mala previsión del fallo del equipo de bombeo al no realizarse en buen tiempo. En ese sentido, se tiene un importante gasto en mano de obra, ya que al tener un mal manejo en los tiempos de encendido en diversas ocasiones el equipo presentaba daños irreparables y en consecuencia un problema en el suministro del agua a algunas colonias de la ciudad. Por lo anterior,

y aunado a que la finalidad y objetivo del CAEV es la de proporcionar a los usuarios un servicio de calidad con eficiencia, continuidad y presiones adecuadas, es necesario buscar una estrategia que permita el abasto del vital líquido de una manera adecuada y oportuna, además de obtener ahorros sustanciales en el consumo de energía eléctrica y mantenimiento. Otros motivos por el cual se justifica la automatización del equipo de bombeo y su respectiva monitorización a través de una aplicación web son:

Beneficio Ambiental

La reducción del uso de la energía eléctrica, al establecer horarios determinados para apagar los equipos y encenderlos, de esta manera se ahorrara el consumo de energía eléctrica haciendo más eficiente el este proceso.

- Reducción de la emisión de CO₂, al usar de manera más eficiente la energía eléctrica se reduce la emisión de CO₂ a la atmósfera ya 44.80% de la energía eléctrica se genera en plantas termoeléctricas y están usan combustibles fósiles para funcionar.
- Reducción del efecto invernadero, ya que al tener un uso eficiente de la energía se reduce la emisiones de gases tóxicos a la atmósfera.

Beneficio Social

A los consumidores del agua ya que al tenerse un mejor control de los tanques de almacenamiento se le podrá dar de manera más continúa o más planeada este servicio.

Beneficio Económico

Al tener un control más eficiente del uso de la energía eléctrica que consumen estos equipos de bombeo, se verá un ahorro en la facturación de energía eléctrica consumida por estas bombas.

Beneficio Tecnológico

El uso eficiente de la tecnología ya existente pero que está en proceso de ser explotada, como son las aplicaciones web, los micro controladores y el uso de internet como un medio de comunicación.

Tener un control y monitoreo de las bombas del se podrá optimizar la energía eléctrica y esto permite optimizar el recurso económico, además que el tiempo ocupado por los operadores disminuyera y así realizar otras funciones.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1 Descripción del área donde se trabajo

En el Estado de Veracruz el servicio de agua potable, alcantarillado y el tratamiento del agua residual estuvo a cargo de las extintas Juntas Federales de Mejoras Materiales, Entidades Federales que mediante Acuerdo expedido por el Ejecutivo Federal, el 29 de octubre de 1980, procede a realizar la entrega a los Gobiernos de los Estados o de los Municipios, la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua existentes.

En el caso particular del Estado de Veracruz, el Convenio suscrito con este motivo se realiza en enero de 1981, para lo cual, la prestación de los servicios fue reglamentada con la expedición de la Ley N° 80, publicada en noviembre de 1981, misma que le da sustento legal a la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado CEAPA, creándola como institución de servicio público desconcentrado del Gobierno del Estado, de naturaleza mixta, estatal y municipal, conforme a lo señalado en su artículo 56.

Al evolucionar este organismo y ante la necesidad de adecuarse a las nuevas políticas para la prestación de los servicios, surgidas del fortalecimiento del federalismo, el Gobierno del Estado de Veracruz, considera conveniente ampliar las facultades y promover la descentralización del organismo encargado de la dotación de agua potable a la población, por lo que, en sustitución de la CEAPA, al amparo de la expedición de la Ley N° 72 de Agua y Saneamiento para el Estado de Veracruz-Llave, publicada el 5 de junio de 1990, se crea la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento CEAS, otorgándole la figura de organismo público descentralizado dependiente del Ejecutivo, con personalidad jurídica y patrimonio propios, promoviendo convenios con los Municipios para la creación de Comisiones Municipales, las cuales también se crearon con autonomía, personalidad jurídica y patrimonio propios, cuya constitución y funcionamiento, se regulan por la nueva Ley.

Finalmente el Ejecutivo del Estado promueve el 29 de junio del 2001 la actual Ley 21 de Aguas del Estado de Veracruz, la cual fortalece la autonomía municipal reconociendo su facultad de proporcionar los servicios públicos del agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición del aguas residual y crea la Comisión del Agua del Estado de Veracruz, como un organismo dotado de autonomía de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propio, para administrar las aguas de jurisdicción estatal, construir, ampliar y mejorar la infraestructura hidráulica y en caso necesario seguir prestando el servicio cuando el municipio

declare no tener capacidad para ello.

2.2 Componentes electromecánicos en las instalaciones de la planta de bombeo.

2.2.1 Descripción del equipo eléctrico

2.2.1.1 Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente), o bien conservarlas dentro de ciertas características, requeridas por el sistema.

En los sistemas de agua potable, el uso más frecuente que se le da a las subestaciones eléctricas, es el de transformar la alta tensión que proporciona la compañía suministradora, a tensión adecuada de utilización en los equipos de las plantas de bombeo.

Generalmente, las subestaciones que más se emplean en los sistemas de agua potable, son denominadas: subestaciones Reductoras Tipo Industrial.

2.2.1.2 Motor eléctrico

Los motores eléctricos son máquinas que transforman la energía eléctrica que reciben, en energía mecánica disponible en una flecha. De acuerdo a la posición en que se encuentre el eje de la flecha, se conocen como horizontales (Ver fig. 2.1) y verticales (Ver fig. 2.2).

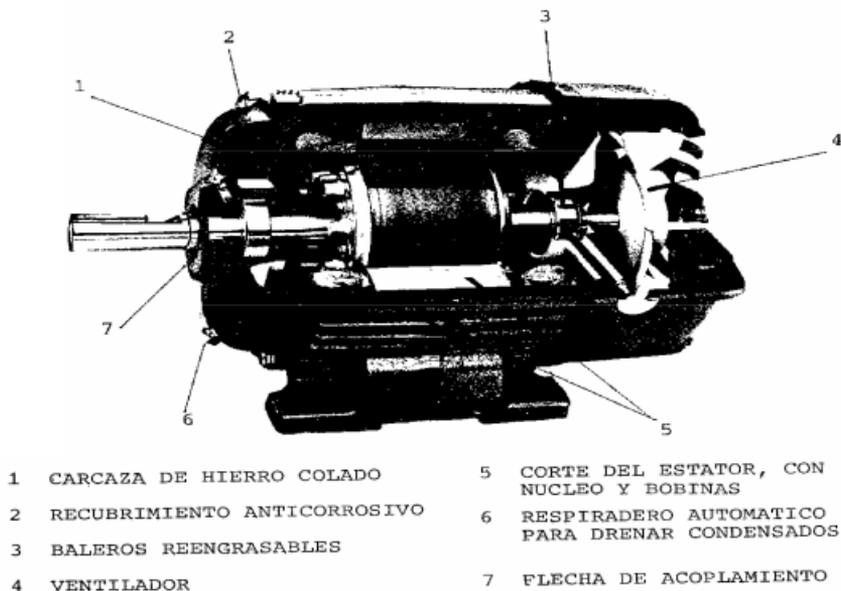
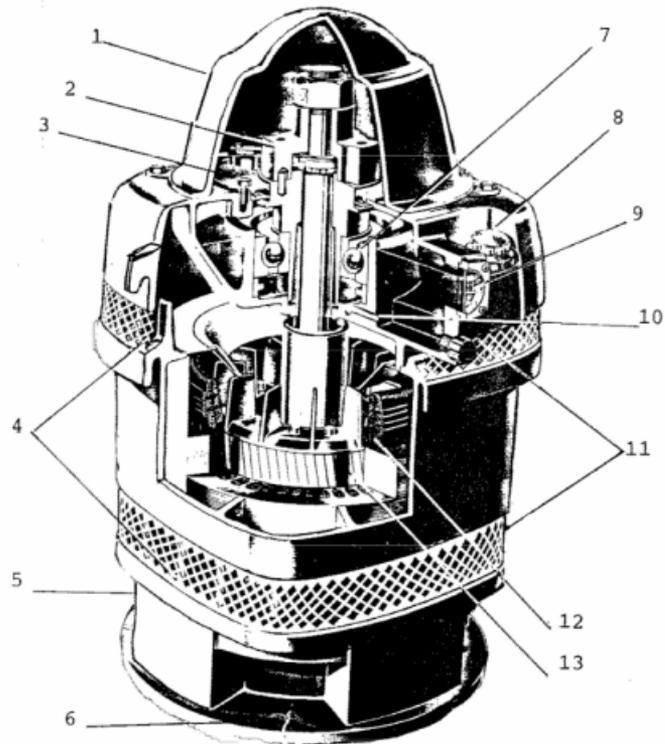


Fig. 2.1 Motor horizontal



- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 - CUBIERTA SUPERIOR | 8 - TAPON DE LLENADO DE ACEITE |
| 2 - COPLE | 9 - VISOR DE ACEITE |
| 3 - TRINQUETE DE NO RETROCESO | 10 - CONDUCTO DE ACEITE |
| 4 - MALLAS PARA VENTILACION | 11 - SISTEMA DOBLE VENTILACION |
| 5 - FALDON DE MONTAJE | 12 - ESTATOR |
| 6 - BARRENO PARA SUJECION | 13 - ROTOR |
| 7 - BALERO DE CARGA | |

Fig. 2.2 Motor Vertical

El motor tipo sumergido puede estar colocado en posición vertical, horizontal o inclinada, debiendo cumplirse siempre con el requisito de que el motor debe operar bajo la superficie del agua (CONAGUA., 2007).

El campo de aplicación de un motor eléctrico es muy extenso y compite ventajosamente con otros medios motrices, por tener una vida económica mucho mayor, por su mejor eficiencia, por su bajo mantenimiento y por su versatilidad en cuando a capacidades y aplicaciones.

Los motores eléctricos se fabrican para utilizarse con corriente continua o con corriente alterna.

En general, los motores de corriente se clasifican en:

- Motores síncronos
- Motores asíncronos o de inducción

Puede decirse que el 100% de los motores utilizados en las plantas de bombeo de los sistemas de agua potable y alcantarillado son de inducción con rotor tipo "jaula de ardilla".

2.2.1.3 Unidades de arranque

Las unidades de arranque, comúnmente llamadas "ARRANCADORES", son dispositivos diseñados para iniciar la operación de los motores eléctricos, mantenerlos funcionando y pararlos, además de protegerlos de sobrecargas o fallas de la línea de alimentación.

Cada unidad de arranque se aloja dentro de un gabinete metálico, para la protección del equipo y del personal que lo opera.

Las unidades de arranque se fabrican en dos tipos:

- a) Unidades de arranque a tensión plena.
- b) Unidades de arranque tensión reducida

Dentro de estos dos tipos, se construyen para que operen con accionamiento manual y accionamiento eléctrico.

- a) Unidades de arranque a tensión plena

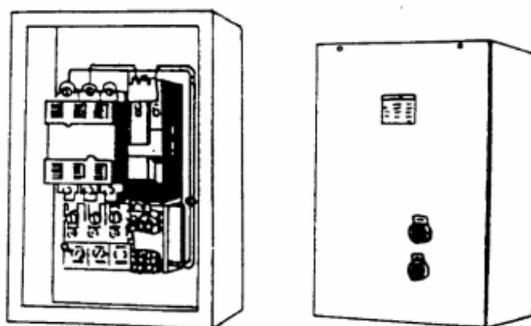
Son aquellos dispositivos que conecta directamente el motor a la línea de alimentación que viene del interruptor general. Este tipo de arrancador se utiliza cuando las corrientes de arranque no causan disturbios a los demás equipos o al sistema eléctrico. Generalmente se utilizan en motores que no excedan los 10HP, aunque en casos especiales, dependiendo de la ubicación y del valor de la tensión suministrada, pueden utilizarse para motores de grandes potencia. (Ver fig. 2.3)

- b) Unidades de arranque a tensión reducida

Son aquellos dispositivos que proporcionan una tensión menor a la nominal en

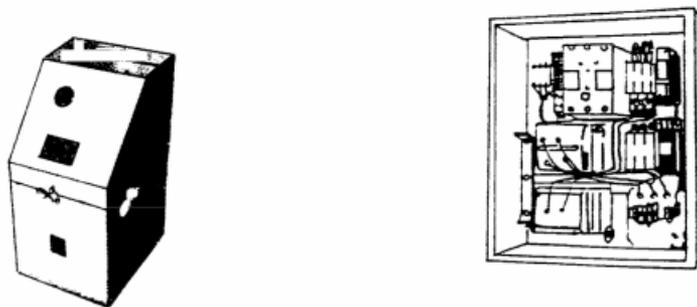
el arranque del motor, por solo unos segundos (entre 8 y 15), ya que cuando el motor ha vencido la inercia del rotor en el estado de reposo, el arrancador suministra el 100% de la tensión (CONAGUA., 2007).

Estos arrancadores se utilizan para no causar molestias o perturbaciones en el sistema eléctrico; en general su campo de aplicación se ubica en el arranque de motores con potencias mayores a 15 HP. Se construyen para accionamiento manual o accionamiento eléctrico, estando el primero de estos, ya prácticamente en desuso. (Ver fig. 2.4)



ARRANCADOR AUTOMATICO A TENSION PLENA

Fig. 2.3 Arrancador a tensión plena



ARRANCADOR MANUAL A TENSION REDUCIDA

ARRANCADOR AUTOMATICO A TENSION REDUCIDA

Fig. 2.4 Tipo de arrancador a tensión reducida

2.2.1.4. Interruptores

Los interruptores son dispositivos de protección y desconexión de circuitos

eléctricos. Se fabrican alojados en distintos tipos de gabinetes para cubrir cualquier aplicación.

El voltaje, la corriente y el servicio (ligero o pesado), determinan la robustez o tamaño del interruptor.

Los interruptores más usados en los sistemas de agua potable y alcantarillado son:

a) De navaja con fusibles

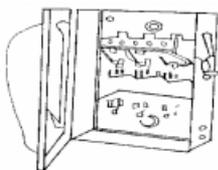
Son interruptores que operan térmicamente, con listones o fusibles desechables, al pasar a través de ellos corriente de cortocircuito. Combinan las funciones de detección de fallas de cortocircuito e interrupción: no son ajustables y su operación es relativamente lenta a valores moderados de sobre corriente.

b) Termo magnéticos

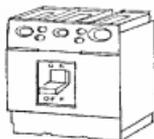
Son interruptores diseñados para proteger las instalaciones contra las corrientes excesivas de sobrecarga y cortocircuito que se presenten, cuentan con dos elementos de disparo: uno térmico, y otro magnético.

Cuando se produce una sobre corriente debido a sobrecargas sostenidas, el elemento térmico, se calienta y se efectúa el disparo; cuando la sobre corriente es instantánea y de alto valor, tal como ocurre en un cortocircuito, actúa el elemento magnético produciendo un disparo.

Estos dispositivos tiene la ventaja sobre el de navaja con fusibles, en que son reusables mediante un sistema de restablecimiento y ajustable los rangos de protección. (Ver la fig. 2.5)



INTERRUPTOR DE SEGURIDAD DE NAVAJAS Y FUSIBLES



INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

Fig. 2.5 Tipos de interruptores

2.1.2. Descripción del equipo mecánico

2.1.2.1 Equipos de bombeo

Uno de los equipos mecánicos de mayor utilización e importancia en los sistemas de agua potable y saneamiento, son los equipos de bombeo.

Conceptualmente, se puede definir una bomba como una máquina que consiste de un conjunto de impulsores rotarios, encerrados dentro de una cubierta o carcasa, los cuales son capaces de transformar la energía mecánica procedente de cualquier medio motriz, en energía de velocidad, presión y de posición, adicionada o un fluido.

Clasificación de las bombas por el tipo de succión.

Las bombas, de acuerdo con su tipo de succión, se pueden clasificar en:

- Simple succión
- Doble succión

Clasificación de las bombas por su dirección de flujo.

- Bombas de flujo radial
- Bombas de flujo axial
- Bombas de flujo mixto

Clasificación de las bombas por la posición de su flecha.

- Bombas horizontales
- Bombas verticales
- Bombas con motor sumergido

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de las bombas es el que se refiere a la dirección que sigue el fluido a través de los alabes del impulsor y como se mencionaron anteriormente, esto pueden ser radiales, axiales o mixtos; a continuación se describen las características de cada uno de estos.

Impulsores de flujo radial.- se llaman impulsores de flujo radial, aquellos en los cuales el flujo entra al ojo del impulsor en forma axial con relación a la posición de la flecha y salen forma radia a esta, formado un ángulo de 90° entre la entrada y la salida del fluido.

Impulsores de flujo mixto.- Este diseño de impulsor, generalmente tiene componentes de flujo radia como axial, de donde proviene el nombre de impulsores de flujo mixto.

Este tipo de impulsores generalmente se restringen a diseños de succión simple y sus principales características son de que pueden manejar flujos grandes y desarrollar cargas intermedias entre el impulsor axial y radial; su principal aplicación es en bombeo de aguas residuales o con sólidos en suspensión.

Impulsores de flujo axial.- Se llaman impulsores de flujo axial aquellos en los que cuales prácticamente no existe la componente radial y por lo general se les llama "hélices". En estos impulsores la dirección de entrada y salida del fluido al impulsor se comporta axialmente en relación a la flecha motriz, de donde viene el nombre de impulsores de flujo axial.

Sus características principales son las de desarrollar grandes gastos contra bajas cargas; su construcción está limitada a bombas de 1 a 3 pasos.

Su aplicación principal es para el bombeo de agua residuales, con sólidos en suspensión, movimiento de grandes volúmenes y para el manejo de condensados.

Bombas centrífuga horizontal.- Son aquellas que por su características de construcción, la flecha queda instalada en forma horizontal. En este tipo de bombas, la dirección de entrada del flujo al ojo del impulsor es en la forma axial y salida en forma radial, con relación al mismo.

Bombas verticales.- Existen diferentes diseños de bombas verticales y su aplicación depende básicamente del servicio que se trate; a continuación se describen algunas de estas.

Bombas verticales tipo turbina.- Las bombas verticales tipo turbina se desarrollaron originalmente para bombear agua de pozos, por lo que también se les llama de "pozo profundo". En este tipo de bombas se usan los impulsores del tipo radial en su modalidad de cerrados o semi-abiertos y su aplicación específica es para manejar agua limpia. (Ver fig. 2.6)

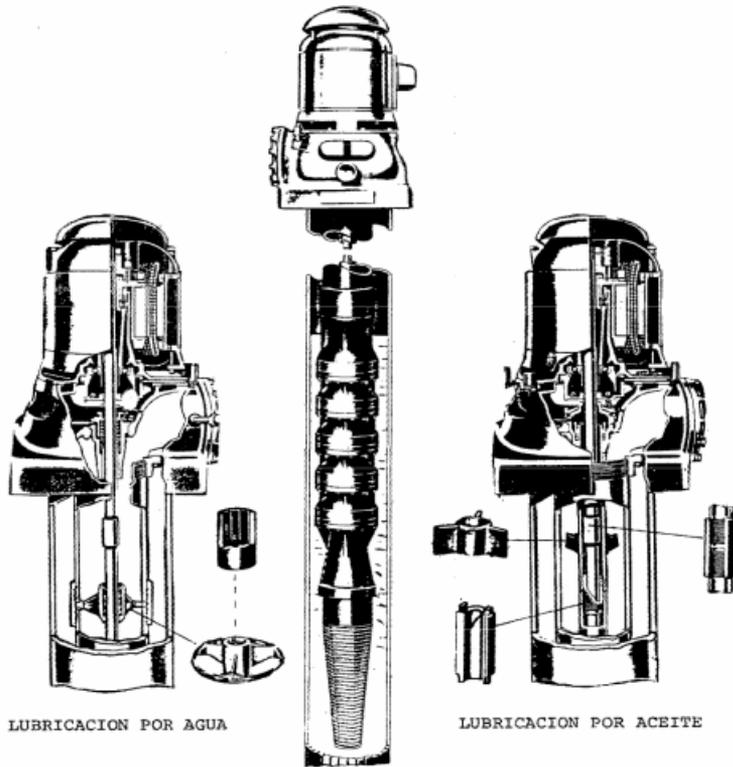


Fig. 2.6 Bomba vertical tipo pozo profundo

Bombas verticales tipo turbina de bote o *booster*.- Estos tipos de bombas son básicamente las turbinas verticales, montadas dentro de un cilindro de acero con bridas de succión y descarga al mismo nivel; la longitud de la bomba tiene que ser tal que se cuente con suficiente NPSH (carga neta de succión positiva) de acuerdo al diseño del impulsor en el primer paso y el diámetro y longitud del tanque tiene que permitir el flujo correcto por el espacio entre la bomba y las paredes del cilindro.

La aplicación principal de este tipo de bombas se da en la alimentación de condensados en las plantas termoeléctricas o en los rebombes de agua potable, donde se pretende aprovechar la altura de los tanques de almacenamiento. (Ver fig. 2.7)

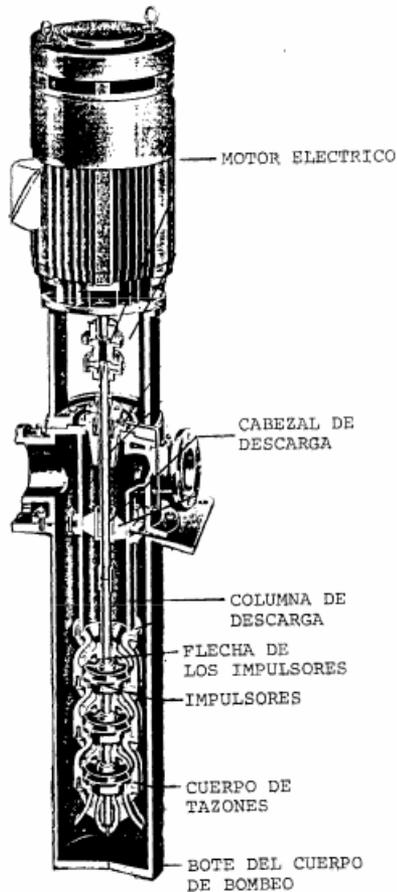


Fig.2.7 Bomba Vertical tipo turbina de bote o Booster

2.1.2.2 Arreglo de la descarga

En toda instalación de equipos de bombeo, es necesario que en la descarga del cabezal se instale una serie de dispositivos y piezas especiales cuya función es la de regular, controlar y medir el flujo producido por el equipo de bombeo (CONAGUA., 2007).

Los dispositivos que normalmente debe de existir en un equipo de bombeo tipo pozo profundo son:

- Válvula de admisión y expulsión de aire
- Manómetro
- Válvula de no retorno

- Válvula seccionamiento
- Válvula de seguridad o aliviadora de presión
- Válvula de admisión y expulsión de aire

Válvula de admisión y expulsión de aire

Es un dispositivo que permite desalojar en forma automática el aire que se encuentra en la columna de bombeo y que es impulsado por el agua durante el arranque del equipo; por otra parte cuando el equipo se para, su función, es la de permitir el acceso de aire a la columna de bombeo para romper la condición de vacío que se presenta por el regreso del agua hacia el interior del pozo. (Ver fig.2.8)

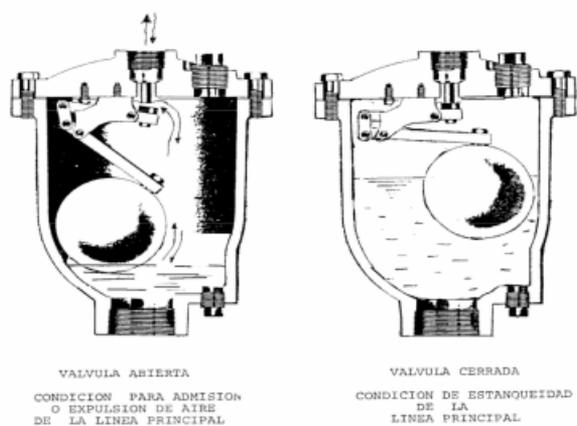


Fig.2.8 Válvula de admisión y expulsión de aire

Manómetro

Es un dispositivo con el cual se miden los valores de la presión existente de la tubería. Normalmente se instala sobre el lomo de la línea de descarga por medio de una conexión roscada que lo conecta con la tubería. La presión deforma un tubo *Bourdon*, un diafragma o un fuelle en el interior del manómetro, la cual se transmite por medio de conexiones mecánicas.

La mayoría de los manómetros metálicos utiliza como elemento de medición el tubo *Bourdon* en forma de "C"; los manómetros con elementos *Bourdon* en forma espiral o helicoidal se utilizan más comúnmente en manómetros registradores.

El tubo *Bourdon* tiene un extremo abierto en contacto con el fluido cuya

presión se desea medir y el otro extremo cerrado, conectado a un mecanismo que mueve a la aguja indicadora.

Cuando se aplica presión en su interior, éste se deforma tal como se indica en la (ver fig. 2.9) provocando el desplazamiento de la aguja en la escala graduada.

Los manómetros metálicos trabajan muchas veces en condiciones adversas; una forma de reducir los desgastes y mantener la precisión por largos períodos de tiempo, es utilizando válvulas que lo aíslen de la presión, cuando ésta no interese ser leída.

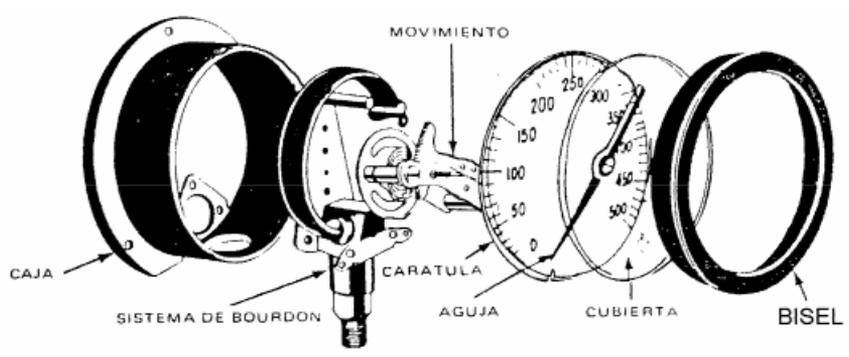


Fig. 2.9 Manómetro tipo *Bourdon*

Válvula de retención

Las válvulas de retención o de no retorno (*Check*) se emplean para no permitir el regreso del fluido hacia la columna de bombeo, protegiendo además al equipo de bombeo de los esfuerzos originados por el fenómeno transitorio del golpe de ariete, cuando el equipo se para. Así mismo, permite mantener llenas las tuberías, aguas arriba, de la descarga.

Su operación es en forma automática, aprovechando el sentido de circulación del agua para accionar la compuerta de cierre o apertura.

Los tipos más conocidos de válvulas *check* son las:

- Tipo columpio.
- Tipo roto *check*.
- Tipo tazón.

- Tipo oblea.
- Tipo dijo *check*.

En la imagen siguiente, se muestran los tipos de válvula *check*, más utilizadas en las instalaciones de bombeo de agua potable. (Ver fig.2.10)

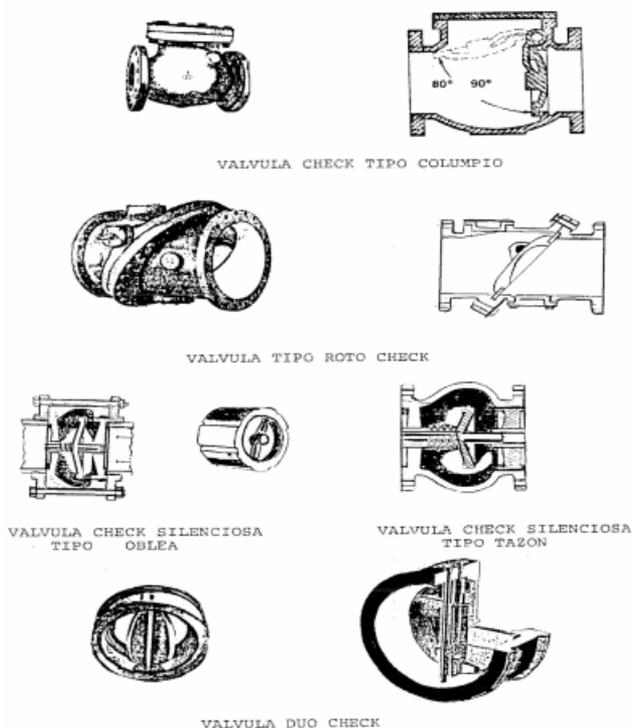


Fig. 2.10 Tipos de válvulas *check*

Válvula de seccionamiento

La aplicación principal de estas válvulas es para separar, del fluido hidráulico, algún elemento o sección de la instalación.

Normalmente se usan, manteniéndola totalmente cerrada, para proporcionar mantenimiento a equipos, tuberías o piezas especiales. Ocasionalmente se utilizan para restringir el flujo, estableciéndose condiciones que convengan a la operación de la instalación.

Los tipos de válvulas que comúnmente se emplean en las instalaciones de agua potable y residual son las del tipo "compuerta" y "mariposa". (Ver fig. 2.11)

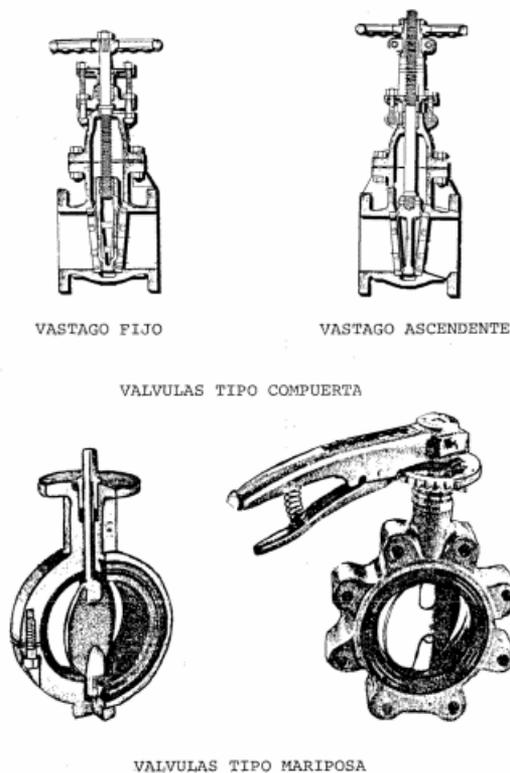


Fig. 2.11 Tipos de válvulas seccionadoras

Válvula de seguridad o aliviadora de presión

Las válvulas de seguridad o aliviadoras de presión, son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías, estructuras y demás elementos de la descarga, contra los cambios bruscos de presión originados por los transitorios cuando se paran los equipos de bombeo.

La válvula está diseñada para que pueda abrir automáticamente y aliviar al exterior las sobrepresiones originadas, principalmente, por el transitorio. El cierre de ésta válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración.

En general, las válvulas de alivio que existen en el mercado, básicamente tienen el mismo diseño, (ver fig. 2.12), y están constituidas en esencia, por dos partes; una que corresponde al cuerpo de la válvula propiamente dicha y la otra

formada por los mecanismos de control. En el cuerpo de la válvula se encuentra el elemento actuador, constituido por un pistón cuya posición regula el funcionamiento de la válvula. El control de éste pistón se efectúa por medio de una válvula piloto calibrada, que actúa con una presión determinada, siendo una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. El piloto de control de ésta válvula, puede ser hidráulico, eléctrico o de ambos tipos (CONAGUA., 2007).

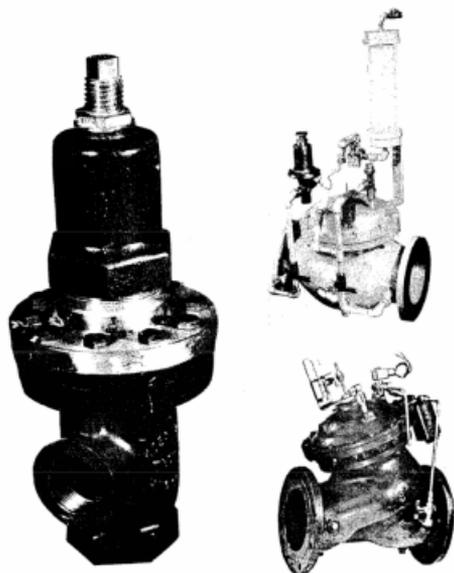


Fig. 2.12 Válvula de alivio

2.2 Automatización y monitorización

2.3.1 Concepto de automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado cuenta de dos partes:

- Parte de mando
- Parte operativa

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forma la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, y captadores como fotodiodos, finales de

carrera.

La parte de mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

2.2.2 Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos incrementando la seguridad.
- Realizar operaciones imposibles de contralar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar gestión y producción.

2.2.3 Elementos de un sistema automatizado

2.2.3.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un foto transistor).

2.2.3.2 Tipos de sensores

Detectores de ultrasonidos

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

Interruptores básicos

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, sub-miniatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

Interruptores final de carrera

Descripción: El *microswitch* es un conmutador de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo y viene con un botón o con una palanca de accionamiento, la cual también puede traer una ruedita.

Funcionamiento: En estado de reposo la patita común (*COM*) y la de contacto normal cerrado (*NC*), están en contacto permanente hasta que la presión aplicada a la palanca del *microswitch* hace saltar la pequeña platina acerada interior y entonces el contacto pasa de la posición de normal cerrado a la de normal abierto (*NO*), se puede escuchar cuando el *microswitch* cambia de estado, porque se oye un pequeño clic, esto sucede casi al final del recorrido de la palanca.

Interruptores manuales

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

Productos encapsulados

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

Productos para fibra óptica

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

Productos infrarrojos

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y

económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (*IREDS*), sensores y montajes.

Sensores para automoción

Se incluyen sensores de efecto *Hall*, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

Sensores de caudal de aire

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

Sensores de corriente

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

Sensores de efecto *Hall*

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("*encoders*") de servomecanismos se emplean mucho.

Sensores de humedad

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

Sensores de posición de estado sólido

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

Sensores de presión y fuerza

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin re-calibración.

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se catalogan en dos series diferentes: *TD* y *HEL/HRTS*. Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura (*RTD*) y están calibrados por láser para una mayor precisión e intercambiabilidad. Las salidas lineales son estables y rápidas.

Sensores de turbidez

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva *SSEC*. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

Sensores de presión

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

2.2.4. Selección de los sensores en la automatización

La sensores debe seleccionarse en base a la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. El objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido, o polvo se requiere un sensor capacitivo, si el objeto lleva un imán, es apropiado un sensor magnético.

2.2.5 Monitorización

Su origen se encuentra en monitor, un aparato que toma imágenes de instalaciones filmadoras o sensores y que permite visualizar algo en una pantalla. El monitor, por lo tanto, ayuda a controlar o supervisar una situación.

El monitoreo, a rasgos generales, consiste en la observación del curso de uno o más parámetros para detectar eventuales anomalías.

La monitorización tiene dos niveles de actuación:

- **Monitorización y control interno**, cuando desde un equipo o departamento se controlan los elementos y actividades de esa misma unidad.
- **Monitorización y control externos**, cuando un equipo o departamento realiza el control de elementos y actividades que dependen de otros grupos, procesos o funciones.

Es posible distinguir distintos tipos de monitorización según tres factores:

- **Monitorización activa vs. pasiva**. La monitorización activa consiste en hacer una comprobación directa del estado de un sistema o dispositivo. La pasiva, en cambio, genera y transmite eventos a un agente de monitorización de forma automática. La pasiva es más frecuente, reservándose la activa para la diagnosis.
- **Monitorización reactiva vs. proactiva**. La primera está diseñada para ejecutar acciones al producirse cierto tipo de eventos o fallos. La monitorización proactiva, por otro lado, se utiliza para detectar los patrones de eventos que predicen el fallo de un dispositivo.
- **Medición continuada vs. basada en excepciones**. La medición continua enfoca la monitorización como un registro del rendimiento en tiempo real, mientras que la medición basada en excepciones se limita a notificar las interrupciones.

2.3 Controlador lógico programable

2.3.1. Definición

Un controlador lógico programable es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a traves de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de maquina o procesos.

Los *PLC's* operan de manera secuencial y cíclica, es decir una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción (Andre Simón, 1991).

2.3.2 Campos de aplicación

El *PLC* por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplia constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamental en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteraciones de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Proceso de producción periódicamente cambiaste
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

2.3.3 Ventajas

- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos
- Son flexibles y puede ser aplicado para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.

- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Capacidad de entradas y salidas.
- Monitoreo.
- Velocidad de operación.
- Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.

2.3.4 Desventajas

- Mano de obra especializada.
- Centraliza el proceso
- Condiciones ambientales apropiadas.
- Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.

2.3.4 Estructura

Unidad central de proceso

La CPU es la parte de inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas, dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

Interfaces

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un dialogo entre operador-maquina junto con una comunicación entre la máquina y el controlador lógico programable, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elementos.

Todas las señales provenientes del campo son informadas a la CPU, luego de ser tomadas por los captosres de entradas, y a su vez, las órdenes generadas por la CPU son comunicadas a los elementos del proceso bajo el control por medio de las interfaces de salida.

Los controladores lógicos programables son capaces de manejar tensiones y corrientes de nivel industrial, gracias a que disponen un bloque de circuitos de interfaz de E/S muy potente, que les permiten conectarse directamente con los sensores y accionamientos de procesos.

Módulos de entradas y salidas

Los módulos de entrada y salida son la sección del *PLC* en donde los sensores y

actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorean y controlan el proceso.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115v 230v CA) a bajos voltajes (5v, 15v, 24v CD) requeridos por el CPU y los módulos de entrada y salida.

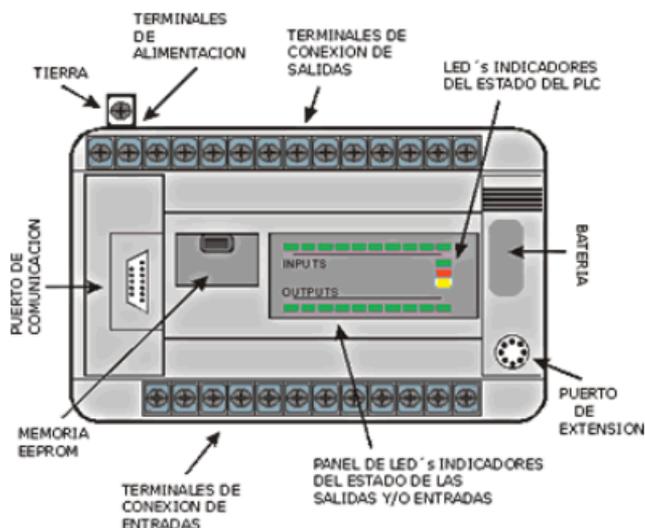


Fig. 2.13 Estructura externa de un PLC compacto

2.4 Arduino

2.4.1 Definición

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (*open-source*) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el *Arduino Programming Language* (basado en *Wiring*) y el *Arduino Development Environment* (basado en *Processing*). Los proyectos de *Arduino* pueden ser autónomos o se pueden comunicar con *software* en ejecución en un ordenador (por ejemplo con *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*, etc.) (Lajara, J. & Pelegri J., 2014).

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia *open-source*, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades.

2.4.2 Ventajas

- **Barato:** Las placas *Arduino* son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del módulo *Arduino* puede ser ensamblada a mano, e incluso los módulos de *Arduino* preensamblados cuestan menos de 50\$.
- **Multiplataforma:** El software de *Arduino* se ejecuta en sistemas operativos *Windows*, *Macintosh OSX* y *GNU/Linux*. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a *Windows*.
- **Entorno de programación simple y claro:** El entorno de programación de *Arduino* es fácil de usar para principiantes, pero es muy flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación *Processing*, de manera que estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de *Arduino*.
- **Código abierto y software extensible:** El software *Arduino* está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde *Arduino* a la programación en lenguaje *AVR C* en el cual está basado. De forma similar, puedes añadir código *AVR-C* directamente en tus programas *Arduino* si quieres.
- **Código abierto y hardware extensible:** El *Arduino* está basado en microcontroladores *ATMEGA8* y *ATMEGA168* de *Atmel*. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia *Creative Commons*, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender cómo funciona y ahorrar dinero.

2.4.4 Tipos de placas *Arduino*

2.4.4.1 *Arduino UNO*

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el *ATmega328P*. Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas *PWM*), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera *ICSP* y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería.



Fig.2.14 *Arduino* Uno Rev 3.0

Tabla. 2.1 *Ficha técnica*

Microcontroladores	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I / O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por E / S Pin	20 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	68,6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

2.4.4.2 *Arduino* NANO

El *Arduino Nano* es una placa pequeña, completa con un tablero amigable basada en el *ATmega328* (*Arduino Nano 3.x*) o *ATmega168* (*Arduino Nano 2.x*). Tiene más o menos la misma funcionalidad del *Arduino Duemilanove*, pero en un paquete diferente. Le falta solamente una toma de alimentación de CC, y trabaja con un cable USB Mini-B en vez de una normal. El Nano fue diseñado y está siendo producido por *Gravitech* (Lajara, J. & Pelegri J., 2014).



Fig. 2.15 Vista frontal del *Arduino Nano*



Fig. 2.16 Vista trasera del *Arduino Nano*

Fuente de poder

El *Arduino Nano* puede ser alimentado a través de la conexión USB Mini-B, 6-20V no regulado fuente de alimentación externa (pin 30), o 5V fuente de alimentación externa regulada (pin 27). La fuente de alimentación se selecciona automáticamente a la fuente de tensión más alta.

Memoria

El *ATmega168* tiene 16 KB de memoria *flash* para el almacenamiento de código (de los cuales 2 KB se utiliza para el gestor de arranque); el *ATmega328* tiene 32 KB, (también con 2 KB utilizado por el gestor de arranque). El *ATmega168* tiene 1 KB de *SRAM* y 512 byte de *EEPROM* (que pueden ser leídos y escritos a la librería *EEPROM*); el *ATmega328* tiene 2 KB de *SRAM* y 1 KB de *EEPROM*.

Entrada y salida

Cada uno de los 14 pines digitales en el Nano se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando *pinMode* (), *digitalWrite* (), y *digitalRead* (). Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de *pull-up* (desconectado por defecto) de 20-50 kOhms. Además, algunos pines

tienen funciones especializadas:

- 0 (RX) y 1 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie.
- (TX) TTL. Estos pines están conectados a los pines correspondientes de los USB-to-TTL chips Serial FTDI.
- Interrupciones externas: 2 y 3. Estos pines pueden configurarse para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor.
- *PWM*: 3, 5, 6, 9, 10, y 11. Proporcionar una salida *PWM* de 8 bits con el *analogWrite()*.
- *SPI*: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) Estos pines admite la comunicación *SPI*, que, aunque proporcionada por el hardware subyacente, no está incluido en el lenguaje de *Arduino*.
- LED: 13. Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pasador es de alto, el LED está encendido, cuando el pasador es bajo, es apagado.

El *Nano* tiene 8 entradas analógicas, cada uno de los cuales proporcionan 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto se miden desde el cero a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango utilizando la función *analogReference()*. Pines analógicos 6 y 7 no se pueden utilizar como pines digitales.

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas

Microcontroladores	<i>Atmel ATmega168 o ATmega328</i>
Tensión de funcionamiento (nivel lógico)	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límites)	6-20 V
Digital pines I / O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	8
Corriente DC por E / S Pin	40 mA
Memoria flash	16 KB (<i>ATmega168</i>) o 32 KB (<i>ATmega328</i>) de los cuales 2 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	1 KB (<i>ATmega168</i>) o 2 KB (<i>ATmega328</i>)
EEPROM	512 bytes (<i>ATmega168</i>) o 1 KB (<i>ATmega328</i>)
Velocidad de reloj	16 MHz

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas (Continuación...)

Dimensiones	0,73 "x 1,70"
Largo	45 mm
Ancho	18 mm
Peso	5 g

2.4.4.3 *Arduino Mega*

El *Mega Arduino* es una placa electrónica basada en el *ATmega1280*. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas *PWM*), 16 entradas analógicas, 4 *UARTs* (puertos en serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o a una fuente de poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar. La *Mega* es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el *Arduino Duemilanove* o *Diecimila* (Lajara, J. & Pelegri J., 2014).



Fig. 2.17 Placa del *Arduino Mega*

Alimentación

El *Arduino Mega* puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

Potencia (no USB) puede venir con un adaptador de CA a CC o la batería. El adaptador se puede conectar, al conectar un enchufe de 2,1 mm de centro-

positivo en el conector de alimentación de la placa. Leads de una batería se pueden insertar en los cabezales de pin *GND* y *VIN* del conector de alimentación.

El tablero puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si se suministra con menos de 7V, sin embargo, el pin de 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la junta puede ser inestable. Si se utiliza más de 12V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son como sigue:

- *VIN*. La tensión de entrada a la placa *Arduino* cuando se utiliza una fuente de alimentación externa (por oposición a 5 voltios de la conexión USB o otra fuente de alimentación regulada). Usted puede suministrar tensión a través de este pin, o, si el suministro de tensión a través de la toma de poder, acceder a él a través de este pin.
- 5V. La fuente de alimentación regulada utilizada para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa. Esto puede venir de *VIN* a través de un regulador de a bordo, o ser suministrada por USB u otra fuente de 5V regulada.
- 3V3. Un suministro de 3,3 voltios generada por el chip *FTDI* a bordo. Corriente máxima es de 50 mA.
- *GND*. Pines de tierra.

Memoria

El *ATmega1280* tiene 128 KB de memoria *flash* para almacenar el código (de los cuales 4 KB se utiliza para el cargador de arranque), 8 KB de *SRAM* y 4 KB de *EEPROM* (que puede ser leído y escrito con la biblioteca *EEPROM*).

Entrada y salida

Cada uno de los 54 pines digitales en el *Mega* se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, y *digitalRead ()*. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de *pull-up* (desconectado por defecto) de 20-50 kOhms. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- Serial: 0 (RX) y 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL. Pinos 0 y 1 también están conectados a los pines correspondientes de la *USB-to-TTL chips Serial FTDI*.

- Interrupciones externas: 2 (interrumpir 0), 3 (alarma 1), 18 (interrumpe 5), 19 (interrupción 4), 20 (interrumpir 3), y 21 (interrupción 2) Estos pines pueden configurarse para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor. Ver el `attachInterrupt()` función para más detalles.
- *PWM*: 2 a 13 y 44 a 46. proporcionar una salida *PWM* de 8 bits con el `analogWrite()`.
- *SPI*: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) Estos pines admite la comunicación *SPI*, que, aunque proporcionada por el hardware subyacente, no está incluido en el lenguaje de *Arduino*. Los pines *SPI* también se desglosan en la cabecera *ICSP*, que es físicamente compatible con el *Duemilanove* y *Diecimila*.
- LED: 13. Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pasador es de alto valor, el LED está encendido, cuando el pasador es bajo, es apagado.
- I²C: 20 (SDA) y 21 (SCL). Apoyo I²C (TWI) de comunicación con la librería *Wire*. Tenga en cuenta que estos pines no están en la misma ubicación que los I²C pines C en el *Duemilanove* o *Diecimila*.

El *Mega* tiene 16 entradas analógicas, cada uno de los cuales proporcionan 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto se miden desde el suelo a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin *AREF* y `analogReference()`.

Comunicación

El *Arduino Mega* tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, u otro *Arduino*, u otros microcontroladores. El *ATmega1280* ofrece cuatro hardware *UART* para *TTL* (5V) de comunicación serie. Un *FTDI FT232RL* en los canales de mesa uno de ellos a través de USB y los *drivers FTDI* (incluido con el software de *Arduino*) proporcionan un puerto *COM* virtual para el software en el ordenador. El software de *Arduino* incluye un monitor de serie que permite a los datos de texto simples para ser enviados hacia y desde la placa *Arduino*. Los RX y TX LED en el tablero parpadean cuando se están transmitiendo datos a través del chip y conexión USB *FTDI* al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1).

Una biblioteca *SoftwareSerial* permite la comunicación en serie en cualquiera de los pines digitales de la *Mega*.

El *ATmega1280* también es compatible *I2C (TWI)* y la comunicación *SPI*. El software de *Arduino* incluye una biblioteca de alambre para simplificar el uso del *I2C* bus.

Programación

El *Arduino Mega* se puede programar con el software de *Arduino*.

Los *ATmega1280* en la *Mega Arduino* viene precargado con un gestor de arranque que le permite cargar nuevo código a él sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica usando el original protocolo *STK500*.

También puede pasar por alto el gestor de arranque y programar el microcontrolador a través del *ICSP (In-Circuit Serial Programming)*.

Protección de sobre corriente USB

El *Arduino Mega* tiene un *polyfuse* reajutable que protege a los puertos USB de su ordenador desde posibles cortos y sobre corriente. Aunque la mayoría de las computadoras proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si hay más de 500 mA se aplica al puerto USB, el fusible se rompe automáticamente la conexión hasta que el corto se elimina la sobrecarga.

Características físicas y Escudo de compatibilidad

La longitud máxima y la anchura del *Mega PCB* son 4 y 2,1 pulgadas, respectivamente, con el *jack* conector USB y el poder que se extiende más allá de la dimensión anterior. Tres orificios de los tornillos permiten la junta para fijarse a una superficie o caso. Tenga en cuenta que la distancia entre los pines digitales 7 y 8 es de 160 milésimas de pulgada (0,16"), no un múltiplo par de la separación de 100 milésimas de pulgada de los otros pasadores.

El *Mega* está diseñado para ser compatible con la mayoría de los escudos diseñados para la *Diecimila* o *Duemilanove*. Pines digitales 0 a 13 (y la *AREF* adyacente y pines *GND*), entradas analógicas 0 a 5, en la cabecera de la energía, y cabecera *ICSP* están en lugares equivalentes. Además, la *UART* principal (puerto serie) se encuentra en los mismos pines (0 y 1), así como interrupciones externas 0 y 1 (pines 2 y 3, respectivamente). *SPI* está disponible a través de la cabecera *ICSP* tanto en el *Mega* y *Duemilanove* / *Diecimila*. Tenga en cuenta que 2 C no se encuentra en las mismas patillas de la *Mega* (20 y 21) como el *Duemilanove* / *Diecimila* (entradas analógicas 4 y 5).

2.5 Aplicación web

2.5.1 Definición

Una aplicación web es cualquier aplicación que es accedida vía web por una red como internet o una intranet. En general, el término también se utiliza para designar aquellos programas informáticos que son ejecutados en el entorno del navegador (por ejemplo, un *applet* de *Java*) o codificado con algún lenguaje soportado por el navegador (como *JavaScript*, combinado con *HTML*); confiándose en el navegador web para que reproduzca (*renderice*) la aplicación. Una de las ventajas de las aplicaciones web cargadas desde internet (u otra red) es la facilidad de mantener y actualizar dichas aplicaciones sin la necesidad de distribuir e instalar un software en, potencialmente, miles de clientes. También la posibilidad de ser ejecutadas en múltiples plataformas.

2.5.2 Arquitectura

Una aplicación web es proporcionada por un servidor web y utilizada por usuarios que se conecta desde cualquier punto vía clientes web. La arquitectura de sitio web tiene tres componentes principales:

- Un servidor web
- Una conexión a red
- Uno o más clientes web

2.5.2.1 Servidor web

Es un programa que gestiona cualquier aplicación en el lado del servidor realizando conexiones bidireccionales y/o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente generando una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación en el lado del cliente. El código recibido por el cliente suele ser compilado y ejecutado por un Navegador Web. Para la transmisión de todos estos datos se utiliza algún protocolo. Generalmente se utiliza el protocolo *HTTP* para estas comunicaciones, perteneciente a la capa de aplicación del Modelo OSI. El término también se emplea para referirse al ordenador que ejecuta el programa.

Algunas Tecnologías que se ejecutan en parte del servidor

El servidor como se mencionó anteriormente es un programa que gestiona cualquier aplicación en este lado, pero también se encarga de almacenar los datos como en programas gestores de base de datos, de igual manera se encarga de ejecutar el código.

Algunos lenguajes de programación que se ejecutan en el servidor son:

.net

ASP.NET es una plataforma web que proporciona todos los servicios necesarios para compilar aplicaciones web empresariales basadas en servidor. *ASP.NET* está compilado en *.NET Framework*, por lo que todas las características de *.NET Framework* están disponibles en las aplicaciones *ASP.NET*. Las aplicaciones se pueden escribir en cualquier lenguaje que sea compatible con *Common Language Runtime (CLR)*, incluido *Visual Basic* y *C#*.

NodeJS

Es básicamente un *framework* para implementar operaciones de entrada y salida, como se decía anteriormente. Está basado en eventos, *streams* y construido encima del motor de *Javascript V8*, que es con el que funciona el *Javascript* de *Google Chrome* (De la Torre, A., 2013).

Django Python

Django es un *framework* web de código abierto escrito en *Python* que permite construir aplicaciones web más rápido y con menos código.

Django fue inicialmente desarrollado para gestionar aplicaciones web de páginas orientadas a noticias de *World Online*, más tarde se liberó bajo licencia *BSD*. *Django* se centra en automatizar todo lo posible y se adhiere al principio *DRY (Don't Repeat Yourself)*.

PHP

La sigla *PHP* identifica a un lenguaje de programación que nació como *Personal Home Page (PHP) Tools*. Fue desarrollado por el programador de origen danés Rasmus Lerdorf en 1994 con el propósito de facilitar el diseño de páginas web de carácter dinámico.

El acrónimo recursivo, sin embargo, en la actualidad está vinculado a *PHP Hypertext Pre-Processor*. El lenguaje es desarrollado hoy en día por *The PHP Group* aunque carece de una normativa formal. La *Free Software Foundation*, por lo tanto, considera la licencia *PHP* como parte del software libre.

El lenguaje *PHP* suele procesarse directamente en el servidor aunque también puede usarse a través de software capaz de ejecutar comandos y para el desarrollo de otra clase de programas (James L. & Brent W., 2002).

Lerdorf diseñó la primera versión de *PHP* en lenguaje *Perl* basado en la escritura de un conjunto de *CGI* del lenguaje *C*. Su intención era presentar su currículum vitae y almacenar datos como la cantidad de visitantes que accedían a su página web.

Ruby on Rails

Ruby on Rails, también conocido como *RoR* o *Rails*, es un *framework* de aplicaciones web de código abierto escrito en el lenguaje de programación *Ruby*, siguiendo el paradigma de la arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC). Trata de combinar la simplicidad con la posibilidad de desarrollar aplicaciones del mundo real escribiendo menos código que con otros *frameworks* y con un mínimo de configuración. El lenguaje de programación *Ruby* permite la metaprogramación, de la cual *Rails* hace uso, lo que resulta en una sintaxis que muchos de sus usuarios encuentran muy legible. *Rails* se distribuye a través de *RubyGems*, que es el formato oficial de paquete y canal de distribución de bibliotecas y aplicaciones *Ruby* (James L. & Brent W., 2002).

2.5.2.2 Conexiones a red

La forma más simple de definir una red de ordenadores sería decir que se trata de un conjunto de ordenadores conectados entre sí. Esta conexión entre los equipos constituye la infraestructura imprescindible para compartir datos y recursos entre ellos.

- Las llamadas redes de área local también denominadas con el acrónimo LAN (*Local Area Network*), que son las que abarcan una zona no demasiado grande, tales como un par de ordenadores domésticos, los ordenadores de un aula o centro, los ordenadores de una empresa, etc. en las cuales las conexiones se realizan mediante cables.
- Las redes de área amplia o WAN (de *Wide Area Network*), que abarcan una región más extensa (uno o varios países, por ejemplo), y en las que los enlaces se establecen generalmente por medio de líneas telefónicas o líneas dedicadas de alta velocidad, por ejemplo de fibra óptica, mediante satélites, etc.



Fig. 2.18 *Switch* de red

2.5.2.3 Cliente web

El cliente web es una aplicación informática o un servicio remoto en cualquier otro lugar, conocido como servidor, normalmente a través de una red de telecomunicaciones

- Cliente pesado: tiene la capacidad de almacenar los datos y procesarlos, un cliente de correo electrónico suele ser un cliente pesado. puede almacenar los mensajes, trabajar con ellos y redactar nuevos mensajes, pero necesita una conexión
- Cliente Híbrido: No tiene almacenados los datos, pero es capaz de procesar los datos que le envía al servidor.
- Cliente Liviano: No tienen capacidad de almacenamiento y su única función es recoger los datos del usuario. Simplemente mostraban las páginas web que solicita el usuario.

En diferencia al servidor que se encarga de interactuar con los datos de las base de datos y la lógica de la página, el cliente web se encarga de mostrar esta información en un navegador web, u otra aplicación web que se tenga.

Algunas tecnologías que se ejecutan del lado del cliente son:

JavaScript

JavaScript es un lenguaje que puede ser utilizado por profesionales y para quienes se inician en el desarrollo y diseño de sitios web. No requiere de compilación ya que el lenguaje funciona del lado del cliente, los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos.

Muchos confunden el *JavaScript* con el *Java* pero ambos lenguajes son diferentes y tienen sus características singulares. *JavaScript* tiene la ventaja de ser incorporado en cualquier página web, puede ser ejecutado sin la necesidad de instalar otro programa para ser visualizado.

JavaScript es un lenguaje con muchas posibilidades, utilizado para crear pequeños programas que luego son insertados en una página web y en programas más grandes, orientados a objetos mucho más complejos. Con *JavaScript* se pueden crear diferentes efectos e interactuar con nuestros usuarios.

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

páginas entre otros (Gauchat, J., 2012).

HTML5

HTML5 es un lenguaje *markup* (de hecho, las siglas de *HTML* significan *Hyper Text Markup Language*) usado para estructurar y presentar el contenido para la web.

El término representa dos conceptos diferentes:

- Se trata de una nueva versión de *HTML*, con nuevos elementos, atributos y comportamientos.
- Contiene un conjunto más amplio de tecnologías que permite a los sitios Web y a las aplicaciones ser más diversas y de gran alcance. A este conjunto se le llama *HTML5* y amigos, a menudo reducido a *HTML5*.

Diseñado para ser utilizable por todos los desarrolladores de *Open Web*, esta página referencia a numerosos recursos sobre las tecnologías de *HTML5*, que se clasifican en varios grupos según su función (Gauchat, J., 2012).

- Semántica: Permite describir con mayor precisión cuál es su contenido.
- Conectividad: Permite comunicarse con el servidor de formas nuevas e innovadoras.
- Sin conexión y almacenamiento: Permite a las páginas web almacenar datos localmente en el lado del cliente y operar sin conexión de manera más eficiente.
- Multimedia: Otorga un excelente soporte para utilizar contenido multimedia como lo son audio y video nativamente.
- Gráficos y efectos 2D/3D: Proporciona una amplia gama de nuevas características que se ocupan de los gráficos en la web como lo son *canvas* 2D, *WebGL*, *SVG*, etc.
- Rendimiento e Integración: Proporciona una mayor optimización de la velocidad y un mejor uso del hardware.
- Acceso al dispositivo: Proporciona *APIs* para el uso de varios componentes internos de entrada y salida de nuestro dispositivo.

CSS

Hojas de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheets*), es un mecanismo simple que describe cómo se va a mostrar un documento en la pantalla, o cómo se va a

imprimir, o incluso cómo va a ser pronunciada la información presente en ese documento a través de un dispositivo de lectura. Esta forma de descripción de estilos ofrece a los desarrolladores el control total sobre estilo y formato de sus documentos.

A finales de 1994 nace el consorcio W3C (*World Wide Web Consortium*) que es la encargada de generar las recomendaciones de programación y diseño de los portales de internet. Este consorcio, actualmente operativo, ha ido regulando las bases y protocolos para la programación de las webs.

Con el pasar de los años las hojas de estilo en cascada o *CSS* han ido evolucionando. Inicialmente se comenzó con el nivel *CSS1* en 1996 y actualmente, después de muchas mejoras y actualizaciones, se encuentra en el nivel *CSS3* que es lo que actualmente se conoce y con las normas que se diseñan las plantillas web.

2.5.3 Modelo de Construcción de Prototipos

Los modelos evolutivos son iterativos; los caracteriza la forma en que permiten que los ingenieros de software desarrollen versiones cada vez más completas del software. El diseño rápido se basa en una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final (por ejemplo, la configuración de la interfaz con el usuario y el formato de los despliegues de salida). El diseño rápido conduce a la construcción de un prototipo, el cual es evaluado por el cliente o el usuario para una retroalimentación; gracias a éstas se refinan los requisitos del software que se desarrollará. La iteración ocurre cuando el prototipo se ajusta para satisfacer las necesidades del cliente. Esto permite que al mismo tiempo el desarrollador entienda mejor lo que se debe hacer y el cliente vea resultados a corto plazo (Roger S. Pressman., 2002).

Etapas

- Plan rápido
- Modelado, diseño rápido
- Construcción del Prototipo
- Desarrollo, entrega y retroalimentación
- Comunicación

Paso 1.

Evaluar la petición del software y determinar si el programa a desarrollar es un buen candidato para construir un prototipo. Debido a que el cliente debe interactuar con el prototipo en los últimos pasos, es esencial que:1) El cliente participe en la evaluación y refinamiento del prototipo

2) El cliente sea capaz de tomar decisiones de requerimientos de una forma oportuna. Finalmente, la naturaleza del proyecto de desarrollo tendrá una fuerte influencia en la eficacia del prototipo.

Paso 2.

Dado un proyecto candidato aceptable, el analista desarrolla una representación abreviada de los requerimientos. Antes de que pueda comenzar la construcción de un prototipo, el analista debe representar los dominios funcionales y de información del programa y desarrollar un método razonable repartición. La aplicación de estos principios de análisis fundamentales, pueden realizarse mediante los métodos de análisis de requerimientos.

Paso 3.

Después de que se haya revisado la representación de los requerimientos, se crea un conjunto de especificaciones de diseño abreviadas para el prototipo. El diseño debe ocurrir antes de que comience la construcción del prototipo. Sin embargo, el diseño de un prototipo se enfoca normalmente hacia la arquitectura a nivel superior y a los aspectos de diseño de datos, en vez de hacia el diseño procedimental detallado.

Paso 4.

El software del prototipo se crea, prueba y refina. Idealmente, los bloques de construcción de software preexistentes se utilizan para crear el prototipo de una forma rápida. Desafortunadamente, tales bloques construidos raramente existen. Incluso si la implementación de un prototipo que funcione es impracticable, es escenario de deconstrucción de prototipos puede aún aplicarse. Para las aplicaciones interactivas con el hombre, es posible frecuentemente crear un prototipo en papel que describa la interacción hombre-máquina usando una serie de hojas de historia.

Paso 5.

Una vez que el prototipo ha sido probado, se presenta al cliente, el cual "conduce la prueba" de la aplicación y sugiere modificaciones. Este paso es el núcleo del método de construcción de prototipo. Es aquí donde el cliente puede examinar una representación implementada de los requerimientos del programa, sugerir modificaciones que harán al programa cumplir mejor las necesidades reales.

Paso 6.

Los pasos 4 y 5 se repiten iterativamente hasta que todos los requerimientos estén formalizados o hasta que el prototipo haya evolucionado hacia un sistema de producción. El paradigma de construcción del prototipo puede ser conducido con uno o dos objetivos en mente: 1) El propósito del prototipado es establecer un conjunto de requerimientos formales que pueden luego ser traducidos en la

producción de programas mediante el uso de métodos y técnicas de ingeniería de programación,

2) El propósito de la construcción del prototipo es suministrar un continuo que pueda conducir al desarrollo evolutivo de la producción del software. Ambos métodos tienen sus méritos y ambos crean problemas.

Ventajas

Este modelo es útil cuando el cliente conoce los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida.

También ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo del software está inseguro de la eficacia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debería tomar la interacción humano-máquina.

- No modifica el flujo del ciclo de vida.
- Reduce el riesgo de construir productos que no satisfagan las necesidades de los usuarios.
- Reduce costos y aumenta la probabilidad de éxito.
- Exige disponer de las herramientas adecuadas.
- No presenta calidad ni robustez.

Una vez identificados todos los requisitos mediante el prototipo, se construye el producto de ingeniería.

Desventajas

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

En afán de desarrollar rápidamente el prototipo, el desarrollador suele tomar algunas decisiones de implementación poco convenientes (por ejemplo, elegir un lenguaje de programación incorrecto porque proporcione un desarrollo más rápido).



CAPITULO III

ANOMALÍAS DEL SISTEMA ACTUAL



CAPITULO 3. ANOMALÍAS DEL SISTEMA ACTUAL

3.1 Descripción del sistema actual de bombeo

En este sistema de bombeo de agua potable se cuenta con cuatro bombas distribuidas en la ciudad de Catemaco (Jalisco, Matacalcintla, Abasolo, Villa), las cuales están bombeando a dos tanques de almacenamiento una llamado “Los gracias” y otro el tanque de rebombeo (Villa).

Dos de estas bombas Jalisco y Matacalcintla son usadas para llenar el tanque más grande que es “Los gracias”, la Jalisco se ubica en la colonia Nixtamalapan calle Jalisco a una distancia lineal al tanque de 1,370 metros, la segunda bomba ubicada en la colonia Matacalcintla. En la entrada a Catemaco tiene una distancia línea de 2,650 metros.

La bomba Abasolo se encarga de llenar el tanque de rebombeo “Villa” esta ubicada en el fraccionamiento Catemaco, calle francisco villa, donde también se encuentra la última bomba que se encarga de bombear directamente a la línea de conducción para dar servicio a las colonias de la parte alta de Catemaco.

3.2 Funcionamiento del sistema actual

Para dar un buen servicio es necesario que los tanques de almacenamiento se encuentren llenos, de esta manera se puede estudiar los componentes que intervienen en el proceso de llenado y vaciado de estos, para así poder desarrollar la secuencia de operación del sistema. Estos componentes el gasto de la bomba, el volumen del tanque de almacenamiento y el consumo o demanda de agua.

La actividad de llenado y de monitoreo de los tanques es realizada por obreros de la CAEV, los cuales con en ciertos horarios tiende a encender los equipos de bombeo o apagarlos de acuerdo a la demanda de agua o la tarifa eléctrica en la que se encuentren, monitorear si se encuentra llenos, monitorear la presión de la tubería y si el equipo de bombeo está trabajando de manera eficiente presentado el gasto correspondiente.

Estas tareas se pueden dividir en dos puntos uno por el tanque de los “gracias” y el otro por el tanque de “Villa”.

Tanque los “gracias”

Este tanque de almacenamiento es alimentado por dos bombas de agua, la

bomba "Abasolo" y la "Jalisco" estas trabajan de manera simultánea para poder llenar el tanque de agua ya que siempre debe de estar en un rango no menor al 50% de su capacidad , ya que este abastece el 50% del suministro de agua para la ciudad de Catemaco.

El operador en turno, tiene que estar al pendiente del nivel de agua para que cuando sobrepase el nivel 100% se apague la bomba "Jalisco", así evitar derrames del vital líquido de igual manera se tiene un horario de apagado de la bomba "Jalisco" a las 02:00Am se apaga y a las 06:00Am se enciende.

Las colonias que abastece este tanque son las siguientes: Parte del centro 35%, El Rodeo, Las granjas, el panteón , Tio Tin, Hernández Ochoa, Araucarias, 50% de la Villa Flores, Nixtamalapa ,Don Pedro, 6 de enero, El puente, El mirador, Agaltepec, Los pinos, 75% centro.

Tanque "Villa"

Este tanque de almacenamiento es alimentado por una sola bomba la "Abasolo", esta tiene la finalidad de mantener el tanque a un nivel no menor a 30% de su capacidad ya que en este se encuentra otra bomba "rebombéo" que se encarga de bombear el agua a las colonias de la parte alta de Catemaco.

El operador en turno, tiene que estar al pendiente del nivel del tanque de agua ya que si este baja más puede provocar un grave daño a la bomba de "rebombéo", de igual manera tiene que apagar la bomba "Abasolo" en los horarios siguientes 19:45hrs se apaga, 22:15hrs se enciende, 02:00hrs se apaga y alas 06:00hrs se enciende, esta actividad se realiza todos los días. Esto es por la tarifa de energía que se tiene contratado esta es la HM "Tarifa Horaria a Media Tensión", esta maneja diferentes horarios ya que para CFE producir energía requiere una coordinación activación de plantas y desactivación de plantas por lo que la energía cuesta en diferentes proporciones dependiendo el horario.

Las colonias que abastece este tanque son: La poza, los sauces, los prados, el 50% de la villa flores, el arenal, parte de la fracción norte, San Antonio.

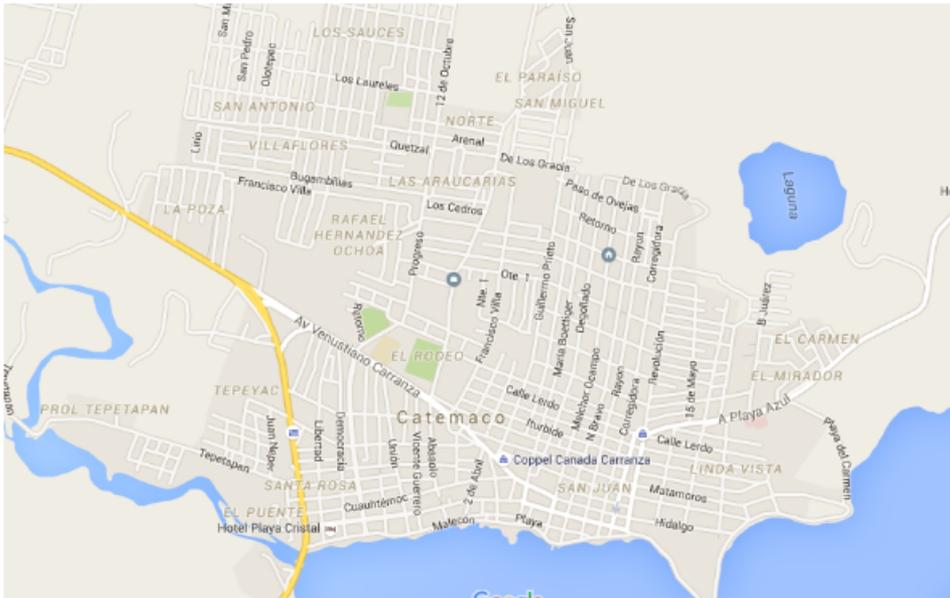


Fig. 3.1 Mapa de Catemaco

3.3 Anomalías en el sistema

Durante este proceso se encuentra distintas anomalías, mecánicas, eléctricas pero este trabajo se centra principalmente en reducir el consumo eléctrico de los equipos de bombeo que en la actualidad es muy costosa, para explicar más a detalle se centra en dos puntos uno por cada tanque de almacenamiento.

Anomalías en el tanque de los “gracias”

Como se describe anteriormente en el funcionamiento del sistema de este tanque en específico, el cual es llenado por dos equipos de bombeo que se apagan de acuerdo al nivel del tanque para no provocar derrames de agua y un consumo mayor de electricidad por no tener bien monitoreado este nivel, como se ha mencionado este tanque se encuentra alejado de la ciudad por lo cual es muy difícil evitar los derrames de agua, por no tener un sistema de monitoreo adecuado con el cual se evitaría este problema, brindado un beneficio en ahorro de agua como el electricidad.

Anomalías en el tanque “Villa”

Anteriormente se mencionó como funciona el sistema en este tanque ya que es llenado por una bomba y en este existe otra bomba la cual sirve para bombear el vital líquido a las colonias de la parte alta de Catemaco, el funcionamiento de la bomba principal está dado por horarios, por lo tanto el operador en turno debe ser

puntual en apagar este equipo ya que cualquier demora causa graves gastos de energía eléctrica extra.

En este tanque es importante medir el nivel de agua ya que si baja demasiado la bomba que tiene trabaja en “seco” si liquido lo que provoca un sobre calentamiento en el motor provocando un corto circuito o el quemado del embobinado de este, por lo tanto el nivel en este tanque debe ser monitoreado con mucha frecuencia.

3.4 Selección del equipo del equipo a utilizar para la automatización

En este apartado se mostrará los dispositivos que se puede utilizar para realizar estas tareas de manera automática y programada.

Arduino Seeduino Mega

Es necesario que el sistema de monitoreo sea barato y funcional, para esto la placa *Seeduino Mega* y sus diferentes componentes se usa por su rentabilidad y funcionalidad, con estos componentes reducirán notablemente los problemas antes mencionados en el sistema actual y eliminar problemas futuros como fallo en algún equipo de bombeo por no monitorear en tiempo.

El *Arduino-Seeduino Mega* está compuesto físicamente por una serie de partes que son necesarias para su programación e instalación o conexión con otros dispositivos o componentes. Cuenta con 70 pines digitales de entrada y salida, 16 pines análogo, 14 pines salida *PWM*, algunos componentes como pantallas táctiles, pantallas *LCD*, sensores , *relay* , conexiones *Ethernet* , conexión *WIFI* , es alimentado por 5v o 12v también cabe destacar que es muy fácil de programar.

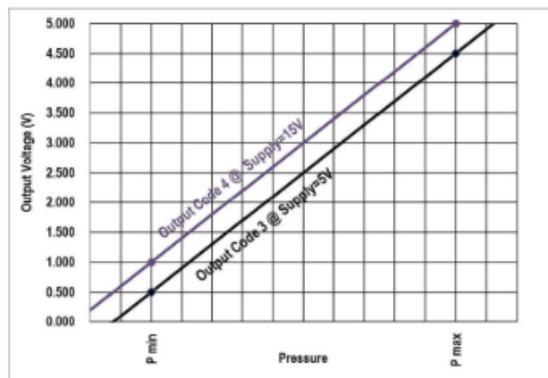


Fig. 3.2 *Seeduino Mega 2500*

Sensor de presión *MEAS M7139-300PG*

Este sensor de presión es el más indicado para el monitoreo de la presión de agua que hay en la tubería conductora ya que especialmente diseñado para líquidos, su capacidad de medición máxima es de 300psi, el voltaje de operación es de 5 voltios y los voltajes de salida varían desde 0.5v a 4.5v (ver tabla 3.1)

Tabla 3.1. Muestra relación entre la salida de voltaje y la presión medida.



Sensor de proximidad ultrasónico

Este tipo de sensores puede medir desde unos pocos centímetros hasta algunos metros funciona de manera tal que se envía un sonido y se mide el tiempo en que tarda en regresar. Estos sensores funciona a través del aire y puede detectar objetos con diferente formas sólidos, líquidos y polvorientos. (Ver fig. 3.2).

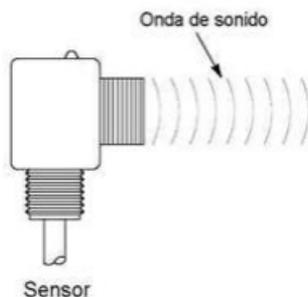


Fig.3.3 Funcionamiento del sensor

El sensor usado en este sistema es un sensor ultrasónico marca *PING* modelo *HC-SR04* (ver fig.3.4) es un modelo muy usado por su fácil programación y conexión también por su muy buena exactitud en la medición, sus características principales son:

- Rango: 2cm hasta 4m
- Interfaz bidireccional por pulso, en único pin de E/S para la comunicación con micros controladores TTL (5V) o CMOS (3.3V)
- Disparo de entrada: pulso TTL positivo, 2 μ s mínimo, 5 μ s típico
- Pulso eco de salida: pulso positivo TTL 115 μ s mínimo a 18.5 ms máximo



Fig. 3.4 Sensor HC-SR04

Sensor de amperaje *YHDC 21*

Es un sensor de efecto hall marca *YHDC* tipo industrial con un rango de medición que va desde los 50amp hasta los 400amp es el rango en los cuales un equipo de bombeo funciona por eso este sensor es el más indicado para esta función ya que permite monitorear un alto amperaje (ver. Fig 3.5)



Fig. 3.5 Sensor de corriente vista trasera.

- Sus principales características:
- Sirve para medir tanto corriente alterna como directa.
- Temperatura de trabajo es de -40 +85°C
- Frecuencia de trabajo: DC 20Khz

3.5. Propuesta de automatización usando *Arduino* y la monitorización

En este capítulo se explica cómo funciona el sistema de bombeo con la propuesta de automatización que se pretende realizar mediante una aplicación web y un micro controlador *Arduino*. De esta manera se podrá obtener los resultados finales para determinar si es factible o no la propuesta de automatización, además de presentar un cálculo económico del proyecto.

3.5.1 Propuesta del uso de una aplicación web para controlar la placa *Arduino*

El uso del de internet en estos años aumentado considerablemente como se mencionó anteriormente cada año el uso de internet en México aumenta en un 13% ubicándolo así en segundo país con más audiencia de este medio después de Brasil, esto hace que el uso de aplicaciones web sea más común que hace años atrás.

Se propone usar un servidor web para alojar esta aplicación que servirá para la comunicación entre las placas *Arduino* ubicadas en los distintos lugares (pozos y tanques de almacenamiento), estas placas tendrá la función de un cliente web enviando la información de los sensores al servidor este los almacenara y actualizara la base de datos para tener los datos más recientes, de igual manera responderá a la petición del cliente *Arduino* enviando información de algún cambio en la operación de este.

Se menciona algunas ventajas por el uso de aplicaciones web.

- **Movilidad:** al ser un aplicación web podrá ser usada en cualquier lugar con una computadora con acceso a internet
- **Flexibilidad:** para poder ser vista desde cualquier dispositivo móvil, realizando cambios en el diseño de la misma.
- **Usabilidad:** Esta aplicación además de ser usada por los operadores, también puede ser usada por los jefes de área.

Desventajas

- **Comunicación:** El cliente *Arduino* siempre debe tener una conexión directa al servidor.
- **Económico:** El costo por la conexión a internet.

3.5.2 Propuesta de funcionamiento del sistema utilizando *Arduino*

Conociendo el funcionamiento del sistema visto en el capítulo anterior se puede llevar a cabo la implementación de los sensores y el micro controlador. Para mejorar las deficiencias que tiene el sistema, se describirá la forma en que actuara

cada sensor y la relación que tendrán en este sistema de automatización y monitoreo.

3.5.2.1 Monitoreo de la presión de la tubería

El monitoreo de la presión en la tubería donde se lleva el agua bombeada es muy importante de monitorear ya que de acuerdo a la presión se puede observar si hay una pérdida de líquido, por la disminución en la presión o en caso de tener un obstrucción mostrar una elevada presión que puede provocar la rotura de la tubería. Para evitar daños en los equipos cuando se detecte una presión mayor a lo establecido poder apagar el equipo de bombeo de esa manera librar la presión en la tubería y evitar roturas.

En el siguiente dibujo se muestra el diseño típico de una descarga de pozo donde se muestra todos los componentes que se utilizan, el sensor de presión ira ubicado en la parte del manómetro (5) ya que este ara su función.(ver fig. 3.6)

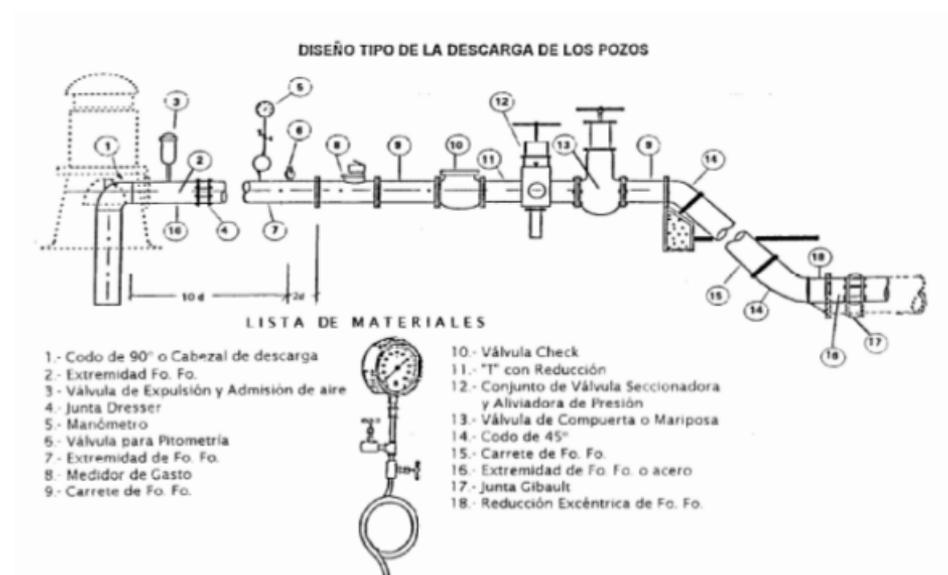


Fig. 3.6 Diseño de la descarga de los pozos

3.5.2.2 Sensor ultrasónico para medir el volumen

El sensor ultrasónico servirá para medir en tiempo exacto el nivel de agua y calcular el volumen de esta, este sensor como se menciona es capaz de medir la distancia en cuerpos líquidos. (Ver fig. 3.7)

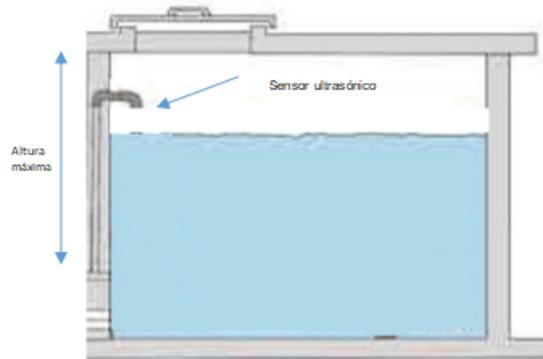


Fig. 3.7 Ubicación del sensor ultrasónico dentro del tanque

El sensor medirá la distancia que existen entre el nivel máximo del líquido con el nivel máximo del tanque de esta manera se podrá obtener un porcentaje de llenado y el volumen del líquido. (Ver fig. 3.8)

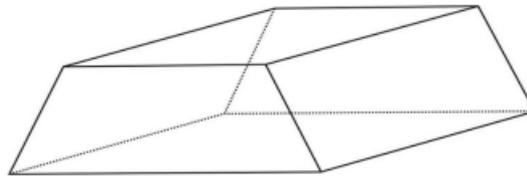


Fig. 3.8 Forma trapezoidal de los tanques de almacenamiento

3.5.2.3 Transformador de corriente *HST-21* para medir el amperaje del motor

El amperaje o intensidad de la corriente es un factor importante en la monitorización del motor ya que esta puede indicar desde una falla, hasta un consumo elevado y provocando así un desahorro en energía eléctrica.

3.6 Esquema del sistema

En el siguiente esquema se muestra a grandes rasgos cómo funciona el sistema de control, como vemos se centra todo el control en el servidor el cual recibe la información del *Arduino*, y esta a su vez la de los sensores que esta conectados a él.

De esta manera la información se guarda en la base de datos para que puede ser monitoreada desde el sitio web. (Ver fig. 3.10)

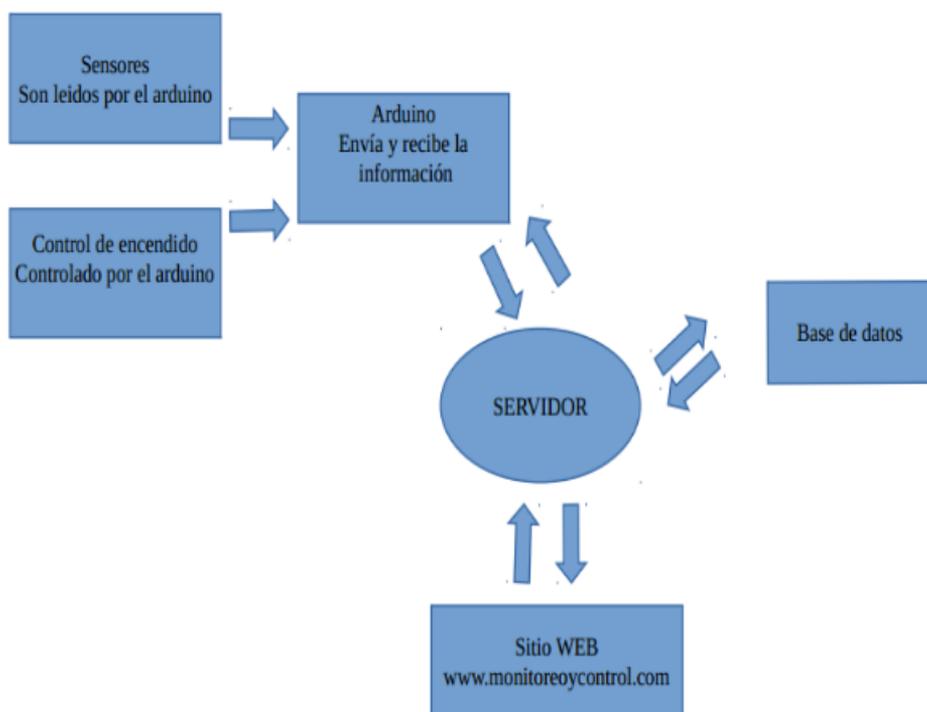


Fig. 3.10 Esquema del sistema

3.7 Análisis Económico

En todo desarrollo de proyecto, es necesaria la aplicación de un estudio económico que pueda llevar a verificar la rentabilidad del mismo. Esto con el de que lo desarrollado en la propuesta de automatización del sistema de bombeo de agua potable en CAEV Catemaco pueda ser aplicado y así determinar si es viable o no el proyecto.

Se pretende mostrar el costo económico que representaría comprar el material para llevar a cabo este proyecto en la siguiente tabla se muestra la información de manera más detallada.

Tabla. 3.2 Costo de los materiales a implementar en este proyecto.

#	Cant	Descripción	Precio Unitario	Total Partida	Precio Unit IVA
	1	Sensor de corriente HST21 400 A	\$439.65	\$439.65	\$510.00
	1	Sensor de presión 300 psi	\$1,396.55	\$1,396.55	\$1,620.00
	1	<i>Seeeduino Mega</i>	\$474.13	\$474.13	\$550.00
	1	Relé industria de 10 A 250 VAC 30 A 30 VDC	\$70.68	\$70.68	\$82.00

Tabla. 3.2 Costo de los materiales a implementar en este proyecto. (Continuación...)

	1	sensor ultrasónico	\$45.00	\$45.00	\$52.20
	1	Arduino Ethernet Shield	\$169.00	\$169.00	\$196.04
	1	Servidor ThinkServer TS140, Intel Xeon E3-1226V3 3.30GHz, 8GB DDR3, 1TB SATA III, Tower 4U	\$8604.12	\$8604.12	\$10243.00
Total:				\$11,199.13	\$13,253.21

Los gastos para la mano de obra se toman en cuenta los costos directos e indirectos, conociendo el salario actual que tiene estas personas dentro de CAEV y que por sus conocimientos intervienen en el desarrollo de este proyecto.

Tabla 3.3 Gastos del personal

Personas	Categoría	Costos	Tiempo
1	Ingeniero Electro Mecánico	\$10,000.00	Quincenal
1	Programador de software	\$15,000.00	Quincenal
1	Técnico Eléctrico	\$5,000.00	Quincenal
1	Ayudante	\$2,500.00	Quincenal
1	Gastos de oficina	\$2,000.00	Quincenal

	(Papelería y Viáticos)		
--	------------------------	--	--

Llevando a cabo un pronóstico de duración en la instalación de la automatización con un periodo de 15 días, se tiene los siguientes valores de acuerdo a las personas que están laborando en el proyecto.

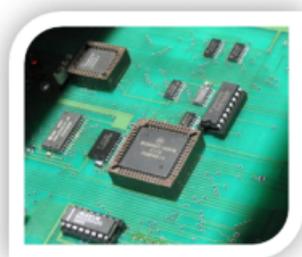
Gastos de mano de obra = \$ ingeniero + \$programador +\$ técnico + \$ ayudante +\$ gastos de oficina

Gastos de mano de obra = (\$10,000.00) + (\$15,000.00)+ (\$5,000.00) + (\$2,500.00)+ (\$2,000.00)

Gastos de mano de obra = \$34,500.00 (Treinta cuatro mil quinientos pesos 00/100 M.N)



CAPITULO IV RESULTADOS



CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1 Tipo de investigación

En el presente trabajo para que conlleve un adecuado estudio, desarrollo y resolución del problema se determinó que el tipo de investigación a la que más se ajusta es la investigación explicativa con enfoque cuantitativo, ya que su objetivo principal es establecer las causas o los orígenes de los fenómenos que causan un problema en cuestión.

Tiene un enfoque cuantitativo ya que con la aplicación de la propuesta de este proyecto se propone mediante la hipótesis que se reducirá los gastos operativos y de electricidad, teniendo con estos datos que se pueden medir y graficar para comparar los resultados con la aplicación de este proyecto.

4.2. Desarrollo de control y la monitorización

El control que se propone como anteriormente se menciona es por medio de una aplicación web desde la cual se pretende ingresar los horarios en cual apagar o encender cada equipo de bombeo y monitorear los datos que proporciona el *Arduino* el cual también será programado para realizar cada función de manera específica para cada situación .

En el siguiente sub-tema se muestra el desarrollo de esta aplicación y del programa de *Arduino* de manera más completa.

4.2.1 Diseño de la interfaz

Modelado del sistema

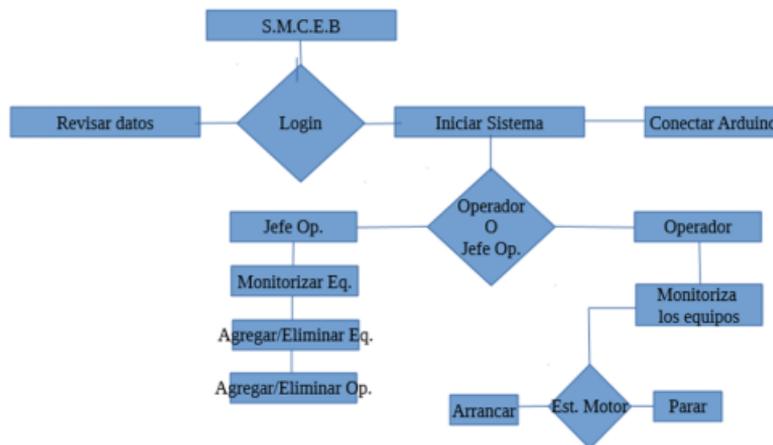


Fig. 4.0 Diagrama lógico

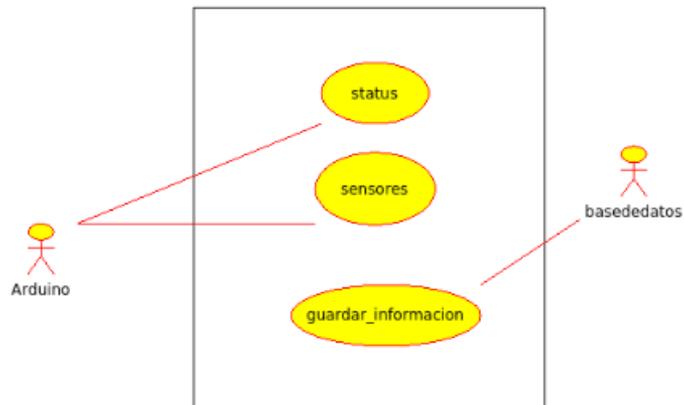


Fig. 4.1 Caso de uso del cliente *Arduino*

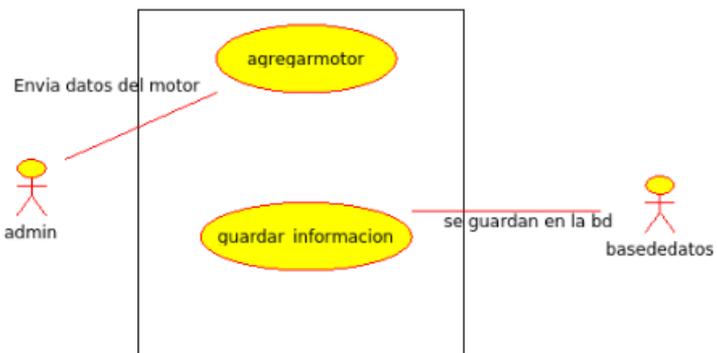


Fig. 4.2 Caso de uso para agregar un motor a la base de datos.

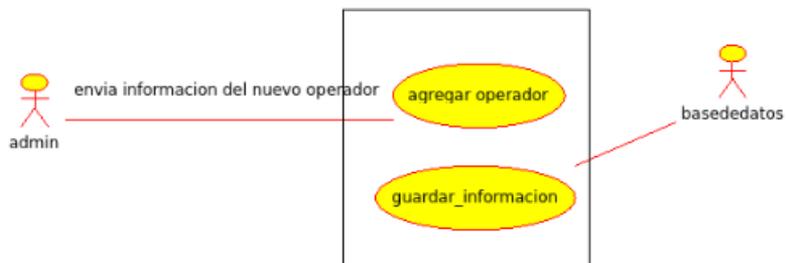


Fig. 4.3 Caso de uso para agregar un operador a la base de datos

Tabla 4.1. Descripción de un caso de uso "Cliente Arduino"

identificador	Cliente Arduino	
Descripción	Microcontrolador enviara los datos de los sensores y leerá el estado del motor.	
Pre-condición	El microcontrolador debe de estar registrado en la base de datos.	
Secuencia normal	Pa	Acción
	1	Revisa el estado de conexión con el servidor
	2	Si no hay conexión
		Error de
		Si hay conexión a internet
	3	Envía la información al de los sensores y lee el estado del motor.
Post- condición		
Excepciones	1	Si no hay conexión a internet
		El microcontrolador trabaja con el estado anterior y no se envía la información.
Rendimiento	El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 1 segundos.	
Frecuencia	60 veces por minuto	
Importancia	Vital	
Urgencia	Inmediatamente	
Comentario		

Tabla 4.2. Descripción de un caso de uso "Agregar un motor"

identificador	Agregar un motor a la base de datos	
Descripción	El administrador da de alta un motor para su respectiva instalación.	
Pre-condición	<i>El administrador debe de haber iniciado sesión en el sistema.</i>	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	<i>Llena el formulario con los datos del motor.</i>
	2	<i>Guarda la información.</i>
		<i>Si todo los datos fueron llenados</i>
		<i>Se guarda la información</i>
		<i>Se envía mensaje para llene todos los campos</i>
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	<i>Si no se llenan todos los datos</i>
		<i>No se guardan en la base de datos hasta que se llenen completamente.</i>
Rendimiento	<i>El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 10 segundos.</i>	
Frecuencia	<i>Variable</i>	
Importancia	<i>Importante</i>	
Urgencia	<i>Hay presión</i>	
Comentario		

Tabla 4.3. Descripción de un caso de uso "Agregar un operador"

identificador	Agregar operador	
Descripción	El administrador da de alta un operador para que pueda acceder al sistema con limitados privilegios.	
Pre-condición	<i>El administrador debe de haber iniciado sesión en el sistema.</i>	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	Llenar el formulario con los datos del operador.
	2	Guarda la información
		Si todos los datos fueron llenados
		Se guarda la información
		Se envía un mensaje para que llene los datos faltantes
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	Si no se llenan todos los datos
		No se guardan en la base de datos hasta que se llene completamente.
Rendimiento	El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 10 segundos.	
Frecuencia	Variable	
Importancia	Importante	
Urgencia	Puede esperar	
Comentario		

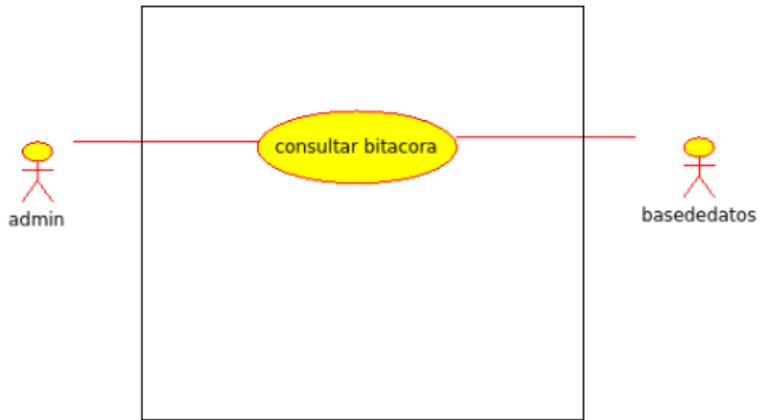


Fig. 4.4 Caso de uso para ver la bitácora de la base de datos

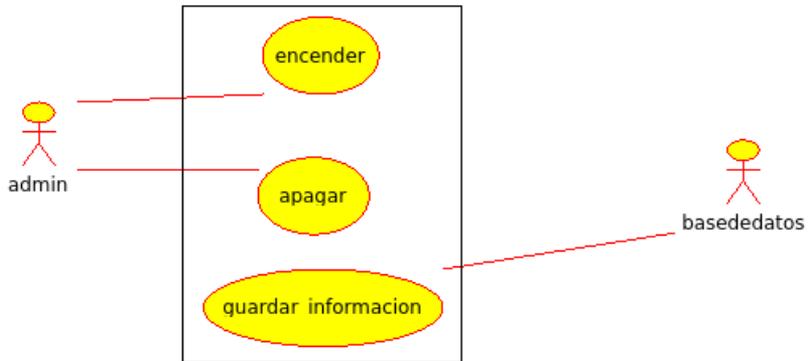


Fig. 4.5 Caso de uso para controlar el estado del motor

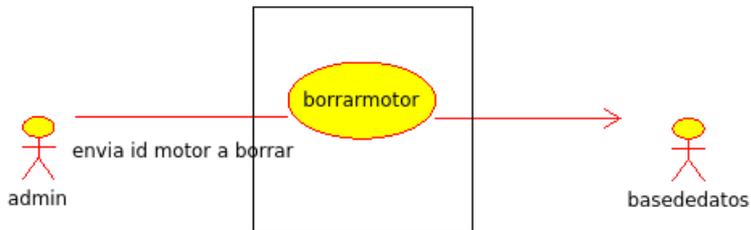


Fig. 4.6 Caso de uso para borrar un motor de la base de datos

Tabla 4.4 Descripción de un caso de uso "Consultar bitácora"

identificador	Consulta la bitácora	
Descripción	El administrador consulta la información en la bitácora, donde se registraran todos los cambios efectuados sobre los distintos motores.	
Pre-condición	<i>El administrador debe de haber iniciado sesión en el sistema.</i>	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	Consulta los datos de la bitácora en la base de datos
	2	
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	Si hay problemas de conexión con la base de datos
		No se muestra el contenido de la bitácora
Rendimiento	El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo 10 segundos.	
Frecuencia	Variable	
Importancia	Importante	
Urgencia	Hay presión	
Comentario		

Tabla 4.5. Descripción de un caso de uso "Control del motor"

identificador	Control del motor	
Descripción	El administrador puede apagar y encender el motor en cualquier	
Pre-condición	<i>El microcontrolador debe estar conectado al servidor para que se realice la operación correspondiente.</i>	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	<i>Se actualiza el estado del motor en la base de datos.</i>
	2	<i>Si no hay conexión con el microcontrolador</i>
		<i>Se queda en estado anterior</i>
		<i>Si hay conexión con el microcontrolador</i>
		<i>El microcontrolador lee la información actualizada y realiza la acción de encender o apagar respectivamente.</i>
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	<i>Si no hay conexión a internet</i>
		<i>El microcontrolador trabaja con el estado anterior y no se envía la información.</i>
Rendimiento	<i>El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 1 segundos.</i>	
Frecuencia	<i>Variable</i>	
Importancia	<i>Vital</i>	
Urgencia	<i>Inmediatamente</i>	
Comentario		

Tabla 4.6. Descripción de un caso de uso "Borrar motor de la BD"

identificador	Borrar un motor de la base de datos	
Descripción	El administrador borrar el motor de la base de datos	
Pre-condición	<i>El administrador debe de haber iniciado sesión en el sistema.</i>	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	<i>Selecciona de la lista el motor a eliminar.</i>
	2	<i>Envía la petición de eliminar</i>
		<i>Se elimina de la base de datos</i>
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	<i>Error de conexión con la base de datos</i>
		<i>No se elimina el motor seleccionado</i>
Rendimiento	<i>El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 10 segundos.</i>	
Frecuencia	<i>Variable</i>	
Importancia	<i>Sin importancia</i>	
Urgencia	<i>Puede esperar</i>	
Comentario		

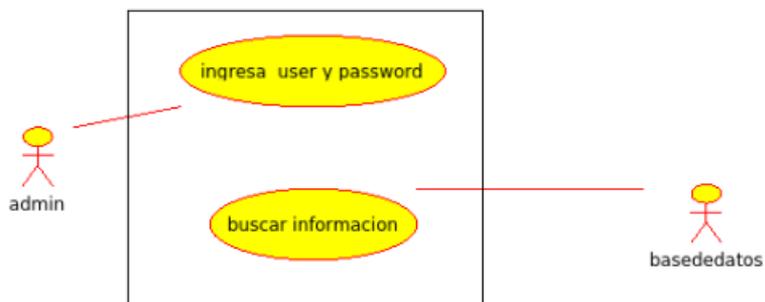


Fig. 4.7 Caso de uso para entrar al sistema

Tabla 4.7. Descripción de un caso de uso "Acceso al sistema"

identificador	Acceso	
Descripción	Jefe o operador quieren entrar al sistema.	
Pre-condición		
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	Se verifica la información en la base de datos
	2	Si está en la base de datos
		Entra al sistema
		No puede acceder al sistema
	3	
Post-condición		
Excepciones	1	Ninguna
Ren dimiento	El sistema deberá de realizar los pasos del 1 al 3 en un máximo de 10 segundos.	
Frecuencia	Variable	
Importancia	Vital	
Urgencia	inmediatamente	
Comentario		

Diagramas de secuencia

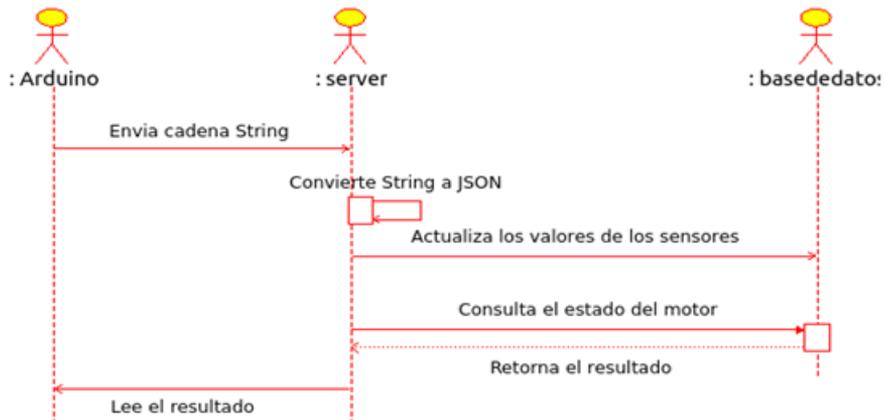


Fig.4.8 Diagrama de secuencia envió de información

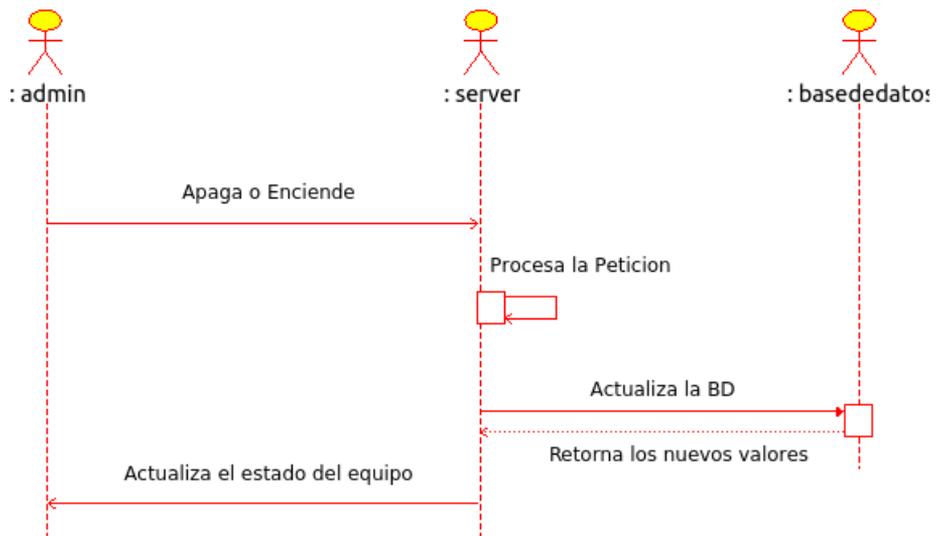


Fig. 4.9 Diagrama de secuencia "Apagar o encender el motor"



Fig. 4.10 Diagrama de colaboracion "Agregar operador"



Fig.4.11 Diagrama de secuencia "Agregar motor"

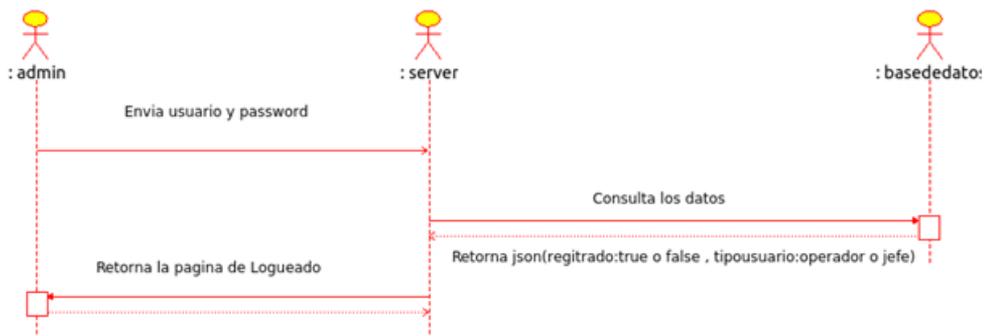


Fig. 4.12 Diagrama de secuencia "Entrar al sistema"



Fig. 4.13 Diagrama de secuencia "Borrar operador de la BD"

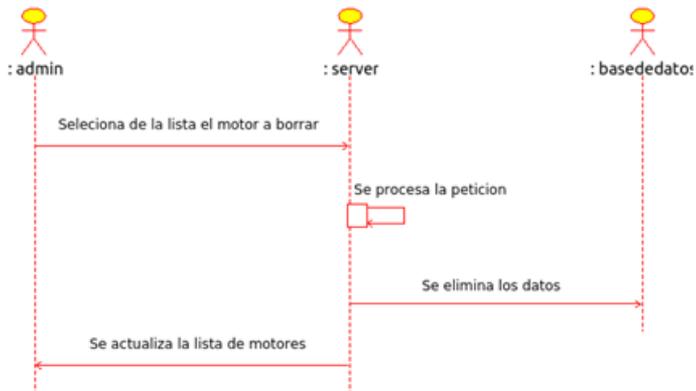


Fig. 4.14 Diagrama de secuencia "Eliminar motor de la BD"

Diagrama de colaboración

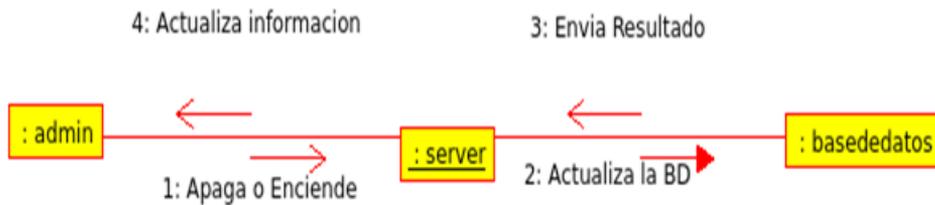


Fig. 4.15 Diagrama de colaboración "Monitoreo"

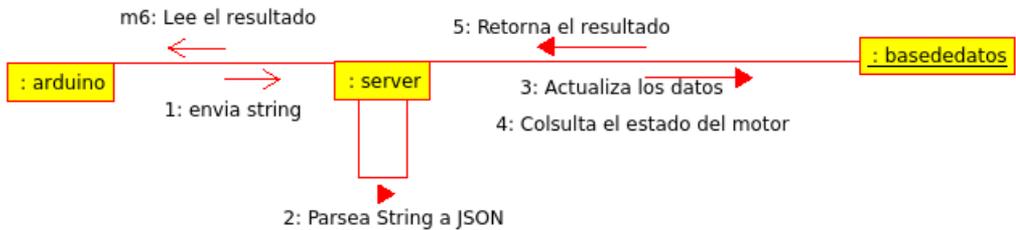


Fig. 4.16 Diagrama de colaboración "Enviando datos a los sensores"

Diagrama de actividad

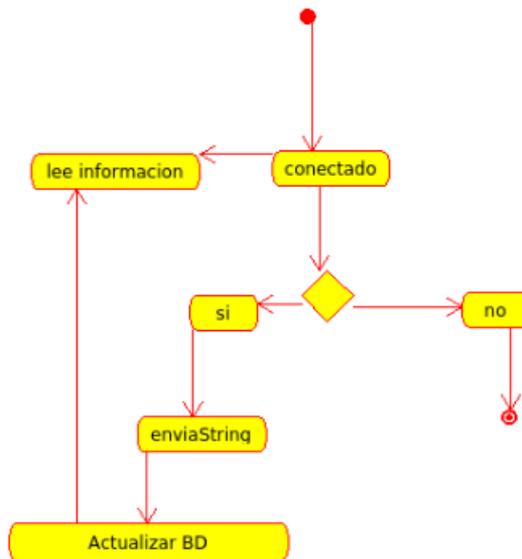


Fig. 4.17 Diagrama de actividades "Monitoreo"

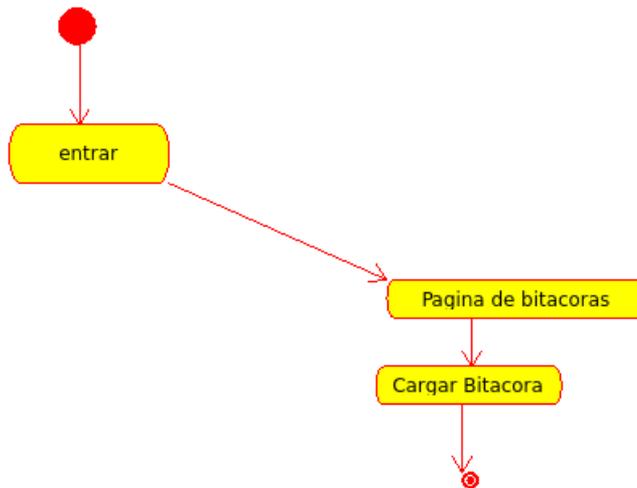


Fig. 4.18 Diagrama de actividad "Cargar Bitácora"

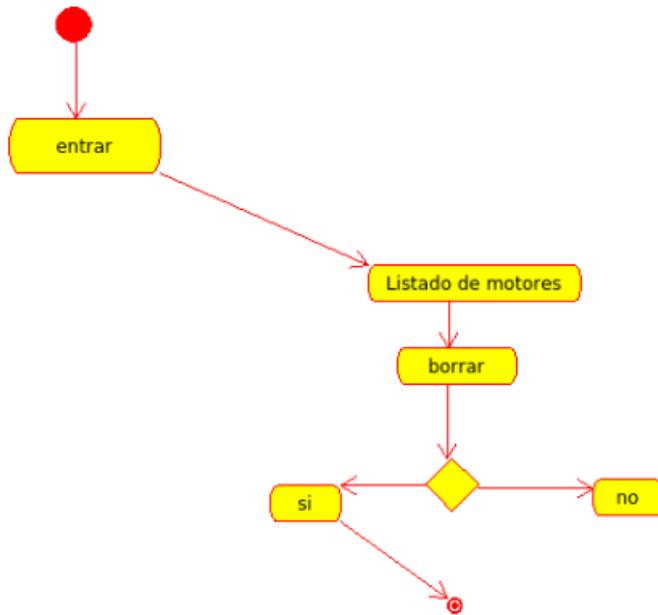


Fig. 4.19 Diagrama de actividades "Eliminar motor de la BD"

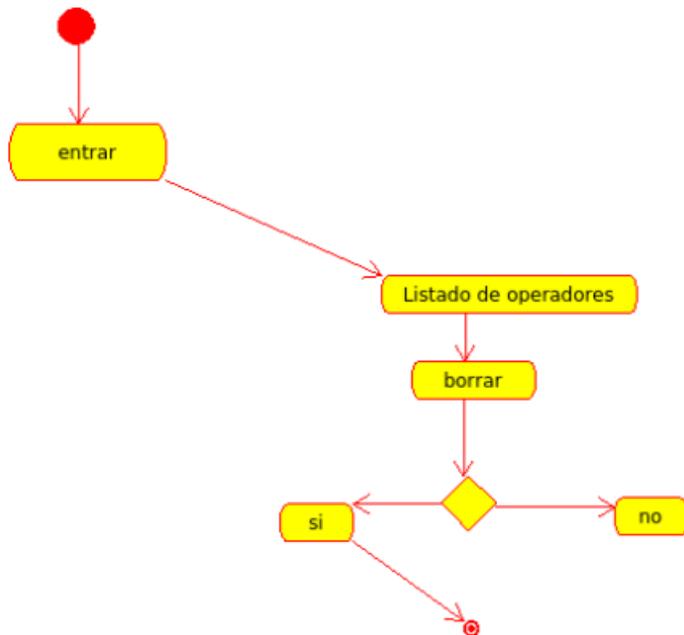


Fig. 4.20 Diagrama de actividad "Borrar operador"

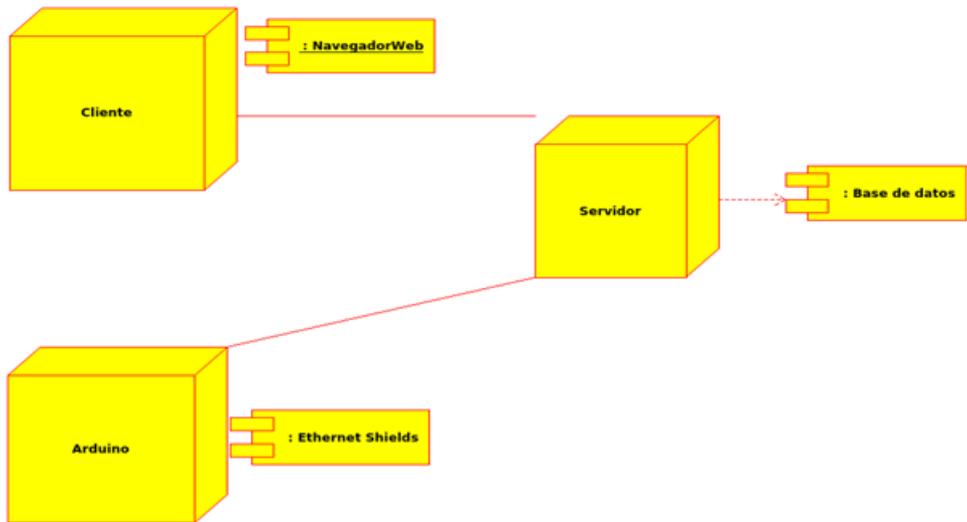


Fig. 4.21 Diagrama de despliegue

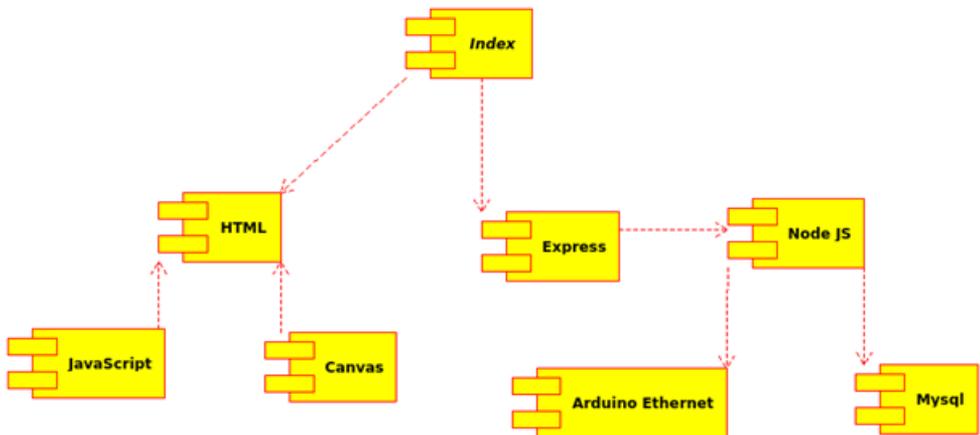


Fig. 4.22 Diagrama de componentes

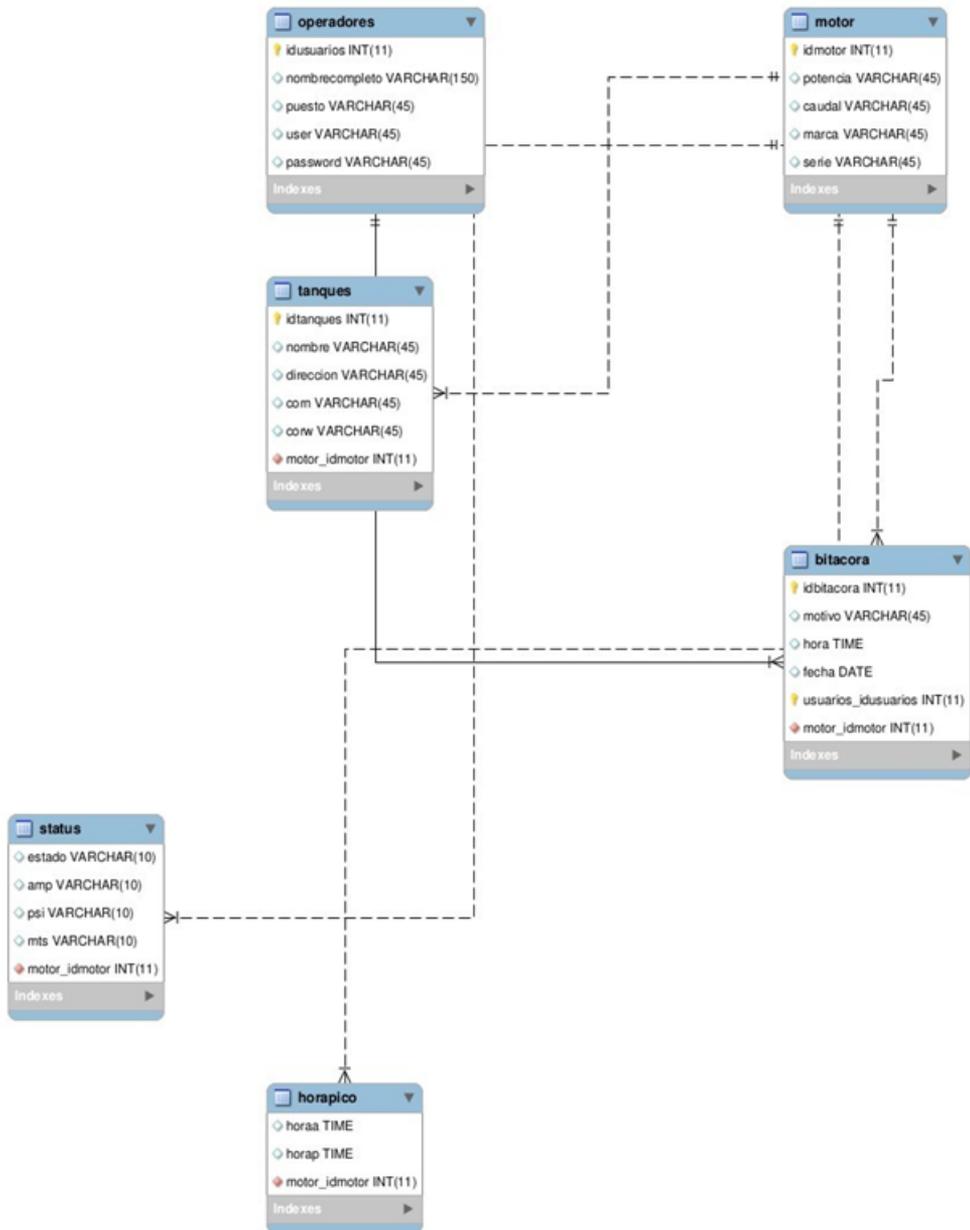


Fig. 4.23 Diagrama de la estructura de la base de datos

DISEÑO DEL SISTEMA

Esta pantalla de inicio, con el correo electrónico y la contraseña se tiene acceso , esto sirve para manter la informacion segura y no cualquier usuario pueda modificar y controlar los motores.

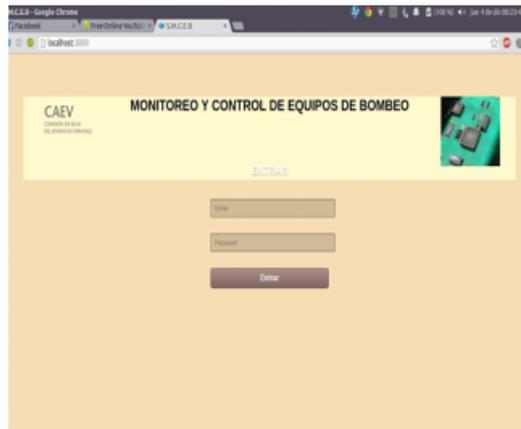


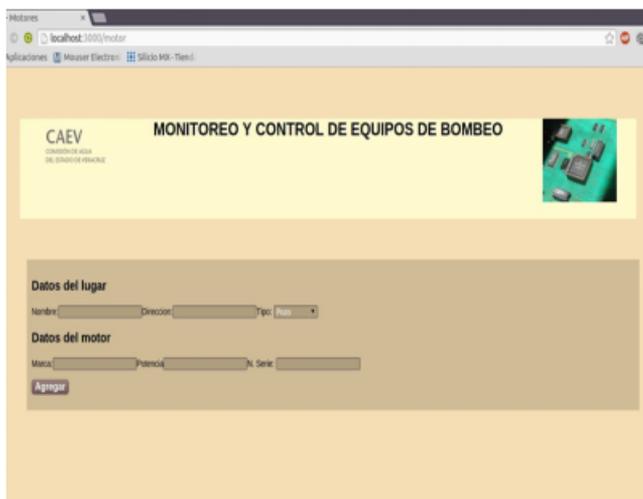
Fig. 4.24 Pantalla de Acceso

Esta es la pantalla principal donde se contrala las bombas instaladas y se monitorea via remota.



Fig. 4.25 Pantalla principal del sistema

En esta pantalla se aprecia el formulario para agregar un motor a la base de datos, llenando los datos de la ubicación del lugar y también los datos del motor. Esto con la finalidad de registrarlos y poder enlazarlos de manera remota con el servidor.



Motors

localhost:3000/motor

Aplicaciones Mousey Electron Slicio MX - Tien

CAEV
COMUNIDAD AGUA
DEL ESTADO DE VERACRUZ

MONITOREO Y CONTROL DE EQUIPOS DE BOMBEO

Datos del lugar

Nombre Direccion Tipo

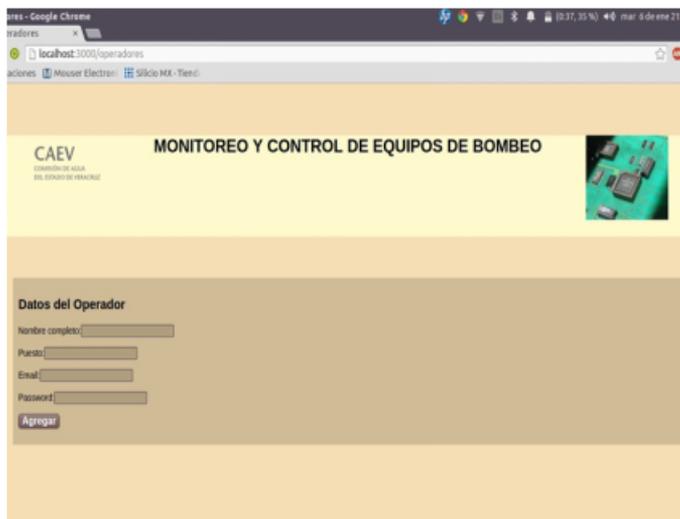
Datos del motor

Marca Potencia N. Serie

Agregar

Fig. 4.26 Pantalla para agregar un motor a la base de datos

En la siguiente pantalla es el formulario donde se agrega un operador a la base de datos para que tenga acceso al sistema.



Google Chrome

localhost:3000/operadores

Aplicaciones Mousey Electron Slicio MX - Tien

CAEV
COMUNIDAD AGUA
DEL ESTADO DE VERACRUZ

MONITOREO Y CONTROL DE EQUIPOS DE BOMBEO

Datos del Operador

Nombre completo

Puesto

Email

Password

Agregar

Fig. 4.27 Pantalla para agregar un operador a la base de dato

4.3 Resultados

De acuerdo a las siguientes tablas se observa que al tener un monitoreo de los niveles de agua permite controlar el arranque de los equipos de bombeo y de esta manera se optimiza el uso de la energía eléctrica, el cual se ve reflejado en los gastos mensuales de la CAEV oficina operadora Catemaco.

Tabla 4.8. Gastos reales por mes periodo diciembre - agosto 2015

Bomba Abasolo Tarifa HM				FECHA DE LECTURA	FACTURACION DEL PERIODO
Kwh					
Base	Interm.	Punta	Total		
9.126	29.661	3	42	31-dic-14	58,806,00
10.344	31.042	4	45	31-ene-15	58,977,00
8.548	21.396	0	30	28-feb-15	40,811,00
7.999	21,266	0	29,265	31-mar-15	34,925,00
7.123	25.040	0	32	30-abr-15	35,680,00
9,459	24,759	0	34,218	31-may-15	36,519,00
8.292	25.219	0	34	30-jun-15	34,881,00
8,505	24.263	0	8,529	31-ago-15	33,840,00

Tabla 4.9 Gastos reales por mes periodo diciembre - agosto 2015

Bomba Matacalcintla Tarifa OM			
kWh	FECHA DE LECTURA	FECHA LIMITE DE PAGO	FACTURACION DEL PERIODO
38.080	07-ene-15	23-ene-15	78,2010,00
27.92	05-feb-15	21-feb-15	58,817,00
30.960	06-mar-15	22-mar-15	60,730,00
38.160	08-abr-15	24-abr-15	67,608,00
37.360	07-may-15	23-may-15	60,758,00
36.400	04-jun-15	20-jun-15	59,110,00
42.560	06-jul-15	20-jul-15	67,863,00
38.240	06-ago-15	22-ago-15	59,960,00



Fig. 4.30 Grafica del consumo eléctrico periodo diciembre-agosto 2015 pozo Abasolo



Fig. 4.31 Grafica del consumo eléctrico periodo enero-agosto 2015 pozo Matalcintla

CONCLUSIONES

La implementación de micro controladores “*arduino*” y sensores en los equipos de bombeo, ayudan a llevar a cabo un mejor control si riegos de fugas de agua en el llenado del tanque, además evitan que la bomba trabajen en vacío, otra ventaja que se observa es que permite sincronizar el arranque o paro de la bomba ya sea por tiempo o de acuerdo al nivel de agua que se encuentra en el tanque.

La aplicación al ser desarrollada en la web aumenta la utilidad y flexibilidad al utilizar el protocolo http ya que es un estándar y por lo tanto utilizado en la mayor parte de sistemas operativos actuales, por lo tanto, el usuario final podrá acceder a través de cualquier navegador instalado por ejemplo en *Linux*, *Unix* o *Macintosh* o *Windows*.

Los tiempos de respuesta entre la ejecución en el *Arduino* y el sitio Web dependen de la velocidad de Internet utilizada, sin embargo no se requiere grandes velocidades para obtener un manejo óptimo aproximado al tiempo real.

En general el objetivo planteado se cumplió ampliamente de manera simple y a un bajo costo al utilizar solo software libre.

RECOMENDACIONES

Actualmente el control de los equipos de bombeo es a través de un sitio web el cual limita, la portabilidad y el acceso. Por lo que se pretende ampliar la cobertura a través de los dispositivos móviles que permitirá tener mayor movilidad, permitiendo tener horarios más flexibles de operación y mucho mayor control en el monitoreo de los tanques de almacenamiento

Además se pretende hacer mantenimiento eléctrico, electrónico cada 6 meses ya que el sistema eléctrico tiene un mayor desgaste.

En la parte de la electrónica se deben de revisar los estados de los sensores y sus conexiones ya que estos se encargan de monitorear las distintas mediciones, logrando así tener información correcta.

Bibliografía

Benítez, A. (2009). Automatización de una planta potabilizadora (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.

Roger S. Pressman., (2002), *Ingeniería del Software Un Enfoque Práctico Quinta Edición*. España: Mc. Graw Hill.

Andre Simón.,(1991), *Autómatas Programables Industriales*. Madrid, España: Paraninfo.

Gauchat, J., (2012), *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript*. Barcelona, España: Marcobo.

De la Torre, A., (2013), *Introducción a Node JS a través de Koans* [archivo PDF]. Recuperado de https://dl.dropboxusercontent.com/u/2990198/nodejskoans/Introduccion_a_Nodejs_a_traves_de_Koans_ebook.pdf.

Lajara, J. & Pelegri J., (2014), *Sistemas Integrados con Arduino*. España: Marcobo.

Reyes F. & Cid M., (2015), *Arduino: Aplicaciones en robótica mecatrónica e ingeniería*, España: Alfaomega.

James L. & Brent W., (2002), *Open Source Web Development with LAMP:Using Linux, Apache, Mysql, Perl y Php*. Addison Wesley.

Leal T., (2011), *Efecto Esperado del Cambio Climático en la Disponibilidad de Agua para Veracruz*. México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)., (2007), *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)., (2007), *Operación de Equipo electromecánico en plantas de bombeo para el agua potable y residual*. México: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales.