

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**SIMULADOR DE ENTRENAMIENTO PARA PROPULSIÓN MARÍTIMO,
SIMEPROM**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL

Alumno:

Carlos Javier Arriagada Villarroel

Profesor Guía:

Ing. Mario Salgado Brocal

2012

RESUMEN

Keywords: Simulador de entrenamiento – aprendizaje.

El proyecto a exponer se ha emprendido en el ámbito académico, con el propósito de ampliar el campo de la enseñanza hacia un nuevo grupo de personas, que cuentan con un perfil de iniciado en el aprendizaje de los sistemas de propulsión naval, a través de un Simulador de Entrenamiento, que reproduce completamente el entorno real, tanto en apariencia como en funcionalidades, destinado al entrenamiento de personas con gran experiencia en el área, quienes constituyen los operadores de los sistemas reales; sin embargo, el diseño de los sistemas de control utilizado, no permite una fácil comprensión por parte de grupo potencial que se quiere alcanzar, lo que implica tiempo considerable y experiencia para conocer previamente el entorno de los sistema involucrados e imaginarse los cambios de estado que se producen con las diferentes operaciones de los procesos.

Por consiguiente, el proyecto permite adquirir algunas señales relevantes del simulador, que representa a la planta de propulsión real, para que dichos cambios de estados sean representados en un diseño gráfico a través de pantallas y permitir una mejor comprensión por parte de aquellos que se inician en esta materia.

El desarrollo del proyecto permitirá alcanzar nuevos objetivos, involucrando la participación anticipada de los alumnos para un aprendizaje de calidad.

ÍNDICE

RESUMEN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

- 1.1. SIMULADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES
- 1.2. SIMULADOR DE ENTRENAMIENTO DE UNA PLANTA DE PROPULSIÓN MARÍTIMA
 - 1.2.1. Sistemas de control
 - 1.2.2. Componentes principales del sistema de propulsión
- 1.3. SECUENCIA DE OPERACIÓN
 - 1.3.1. Condiciones iniciales
 - 1.3.2. Partida de las turbinas a gas
 - 1.3.3. Selección de la turbina
 - 1.3.4. Hélice de paso controlable
 - 1.3.5. Eje en modo arrastrado
 - 1.3.6. Eje en modo frenado
 - 1.3.7. Eje en modo conducido
- 1.4. SISTEMA DE ORDEN DE VELOCIDAD
- 1.5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA
- 1.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN
 - 1.6.1. Alternativa de solución N° 1
 - 1.6.2. Alternativa de solución N° 2
 - 1.6.3. Alternativa de solución N° 3

CAPÍTULO 2: PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

- 2.1. ESQUEMAS GENERALES
 - 2.1.1. Tablero de control y supervisión actual
- 2.2. ESQUEMA MODULAR DEL NUEVO SISTEMA A INTEGRAR
- 2.3. ALCANCE DE LA SOLUCIÓN
 - 2.3.1. Desarrollo de la solución
 - 2.3.2. La elección de *CX-One*
 - 2.3.3. El *CX-Programmer*
 - 2.3.4. El *CX-Supervisor*

- 2.3.5. El *CX-Server*
- 2.4. COMPONENTES OMRON
 - 2.4.1. Características del modelo PLC elegido
 - 2.4.2. Unidades de expansión entrada/salida
 - 2.4.3. Unidades de expansión de entrada análoga
 - 2.4.4. Accesorios para la instalación de los módulos
 - 2.4.5. Asignación de canales, (CIO), para la CPU y unidad de expansión
- 2.5. PROGRAMA DEL AUTÓMATA
 - 2.5.1. La unidad CP1L permite 3 opciones de lenguaje de programación
 - 2.5.2. Esta unidad CP1M incorpora tres modos de operación
- 2.6. REQUERIMIENTOS SOFTWARE Y HARDWARE
- 2.7. EL FOTOTRANSISTOR
 - 2.7.1. Tipos de fototransistores
- 2.8. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PROPULSORA
- 2.9. PANTALLA SUPERVISORA DEL PROCESO
 - 2.9.1. Componentes que se representarán en la pantalla
- 2.10. ORDENADOR CENTRAL
- 2.11. TABLA COMPARATIVA
- 2.12. COMPARACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES
 - 2.12.1. Contraste de las configuraciones
- 2.13. EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN UTILIZANDO *CX-PROGRAMMER*
 - 2.13.1. Creación de un nuevo proyecto
 - 2.13.2. Programación
 - 2.13.3. Modo de operación
 - 2.13.4. Software SCADA *CX-Supervisor*
 - 2.13.5. Módulo de comunicaciones

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

- 3.1. COSTOS DE LOS PROFESIONALES
- 3.2. COSTOS DE LOS MATERIALES
- 3.3. COSTO DEL PROGRAMA OMRON
- 3.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1: COTIZACIONES

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Control y supervisión actual del tablero que gobierna la planta propulsora
- Figura 1-2. Turbina Olympus de aplicación naval
- Figura 1-3. Hélice de paso controlable
- Figura 1-4. Hélice, línea de eje y caja de engranaje
- Figura 1-5. Control de orden de velocidad
- Figura 2-1. Tablero de control y supervisión del sistema de propulsión
- Figura 2-2. Control de velocidad de las turbinas babor y estribor
- Figura 2-3. Esquemas modular del nuevo sistema integrando, software y hardware
- Figura 2-4. Plataforma de comunicaciones CX-Server
- Figura 2-5. Unidad CP1L de la casa Omron
- Figura 2-6. Unidad CP1L-M40DR-D
- Figura 2-7. Nomenclatura unidad CP1L-M40DR-D
- Figura 2-8. Indicadores, apertura válvula de combustible y ángulo de pala
- Figura 2-9. Conexión posterior indicadores válvula de combustible Olympus y Tyne y ángulo de pala, señal análoga
- Figura 2-10. Configuración módulo análogo
- Figura 2-11. Escalado señal análoga -10 a +10 volts
- Figura 2-12. Programación diagrama escalera
- Figura 2-13. Estructura física de un fototransistor
- Figura 2-14. Fototransistor como señal variable a la entrada de un comparador
- Figura 2-15. Complemento del circuito comparador, integrado 555 y relé
- Figura 2-16. Diagrama de flujo del proceso general de la planta propulsora
- Figura 2-17. Esquema general de líneas de eje de babor y estribor
- Figura 2-18. Diagrama en confección en el programa CX-Supervisor
- Figura 2-19. Diagrama terminado en el programa CX-Supervisor
- Figura 2-20. Configuración del tablero de control actual
- Figura 2-21. Comparación de orden de velocidad
- Figura 2-22. Indicador de apertura válvula de combustible ambas turbinas e indicador ángulo de pala
- Figura 2-23. Indicadores principales del tablero de control
- Figura 2-24. Diagrama a proyectar 1
- Figura 2-25. Diagrama a proyectar 2
- Figura 2-26. Creación de un nuevo programa, archivo/nuevo
- Figura 2-27. Configuración del PLC y red
- Figura 2-28. Configuración del tipo de dispositivo

- Figura 2-29. Configuración del tipo de dispositivo CP1L, CPU tipo M
- Figura 2-30. Configuración de red
- Figura 2-31. Configuración de red y puerto
- Figura 2-32. Editor de programa de relé o área de trabajo de CX-Programmer
- Figura 2-33. Ejemplo de programación en el área de trabajo del CX- Programmer
- Figura 2-34. Ventana de errores del programa
- Figura 2-35. Vinculación del objeto y dirección del programa
- Figura 2-36. Ventanas, editor de puntos, agregar punto y tributos de PLC
- Figura 2-37. Direcciones en el programa CX- Programmer
- Figura 2-38. Dirección vinculada del programa CX-Programmer con el objeto del programa CX-Supervisor
- Figura 2-39. Configurando PLC mediante icono  (Editor de puntos)
- Figura 2-40. Acceso al editor de animaciones
- Figura 2-41. Editor de animaciones
- Figura 2-42. Animación puesta en servicio turbina Olympus de babor
- Figura 2-43. Animación eje babor girando
- Figura 2-44. Creación del indicador de ángulo de pala de la hélice
- Figura 2-45. Editor de punto señal análoga
- Figura 2-46. Animación ángulo de pala hélice de babor
- Figura 2-47. Cambios de estado en el diagrama representado en pantalla
- Figura 2-48. Comunicación entre el puerto de periférico del PLC y PC

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 2-1. Máximo número E/S que se pueden gestionar con CP1L
- Tabla 2-2. Características del dispositivo Omron elegido
- Tabla 2-3. Unidades de expansión entrada/salida
- Tabla 2-4. Elección de las unidades de expansión de entrada análoga
- Tabla 2-5. Accesorios
- Tabla 2-6. Canales asignados predeterminados para la CPU
- Tabla 2-7. Direcciones asignadas a la unidad de expansión entrada análoga
- Tabla 2-8. Comparación de distintos *software*
- Tabla 3-1. Costos de profesionales
- Tabla 3-2. Costos de Materiales
- Tabla 3-3. Costo de los programas Omrom

INTRODUCCIÓN

Básicamente la simulación proporciona un entorno para aprender el comportamiento dinámico del sistema bajo distintas condiciones de operación.

Los simuladores de procesos, han sido utilizados durante años en industrias críticas, como las plantas nucleares o procesos que de alguna manera podrían generar un tipo de riesgo, por ejemplo, las refinerías petroleras, tanto para mantener el entrenamiento directo de los operadores como para mejorar la productividad de un proceso, por cuanto su elevado costo de instalación, hasta la fecha, no ha permitido que su instalación sea masiva.

A diferencia de otros tipos de simuladores, se abordará un simulador de entrenamiento de una planta propulsora marítima, la cual tiene la característica de proporcionar un ambiente de realismo y funcionalidades similares al proceso real, permitiendo integrar al operador a un medio que facilita el proceso de aprendizaje y capacitación para tomar decisiones acertadas.

Por los costos que involucra operar una planta de propulsión marítima, existe una preocupación permanente en buscar las mejores técnicas para adquirir destrezas en esta área, para obtener un grado de eficiencia tal que salvaguarde tanto el material involucrado como la seguridad de las personas.

Esta actividad de entrenamiento implica aprender procedimientos establecidos, cuyo desarrollo permitirá buscar las mejores soluciones ante situaciones imprevistas y adversas a la planta propulsora, y a pesar de la alta tecnología instalada en los controles de procesos automatizados, el hombre será un eslabón importante en la solución de los problemas, basados en la elección de una buena decisión, destrezas que sólo se logran con el entrenamiento regular.

La motivación que ha permitido llevar a cabo este proyecto, es ampliar el universo de operadores, involucrando a personas que están recién iniciándose en sistemas de propulsión marítima, representando las señales del simulador en gráficos de mayor comprensión.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Representar en forma gráfica los cambios de estados del proceso que se lleva a cabo en una planta de propulsión para el entrenamiento de los operadores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las partes involucradas en una planta propulsada con turbinas a gas.
- Conocer de una forma dinámica mediante imágenes, los diferentes cambios de estado en la secuencia de operación de una planta de propulsión marítima.

Intereses: Los operadores como profesionales en las actividades que desarrollan, se les exige permanentemente estar capacitados mediante el entrenamiento, buscando cada vez tener personas mejor preparadas para los fines que desarrollan.

Impacto: Integrar a principiantes en las actividades de entrenamiento en salas de control, minimizando los tiempos para alcanzar los intereses de la institución.

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

El objetivo del simulador de propulsión marítimo actual, es entrenar a personas con conocimientos y experiencia en el tema, sin embargo, la particularidad de los sistemas de control, no permite incorporar en forma inmediata a personas que se inician en esta actividad, lo que implica mantener los tiempos de planificación y no contribuir a obtener anticipadamente a personas capacitadas en la operación de estos sistemas, a pesar de tener los conocimientos fundamentales de una planta propulsora.

1.1. SIMULADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES

Los simuladores de procesos industriales, han sido utilizados durante años en las industrias que ejecutan procedimientos críticos, materializándose este concepto en las plantas nucleares que ha sido un punto de polémica después de los grandes sismos, así también como las refinerías de petróleo, direccionando estos simuladores tanto para mejorar sistemas de producción como para el entrenamiento de las personas que operan en sistemas complejos.

Actualmente, los simuladores están incorporados en muchas aplicaciones, de las cuales se han diseñado para ser destinados al entrenamiento.

De acuerdo a su funcionalidad, se pueden distinguir dos tipos de simuladores en la industria: los simuladores dedicados al diseño de instalaciones (*DS Design Simulator*), y los destinados al entrenamiento (*PTS, Process Training Simulators*). Dentro de este último se distinguen dos tipos:

a) Los simuladores de alcance total, (*Full Scale Simulator*), los cuales reproducen en su totalidad el entorno real del sistema de operación, representando una réplica de una Sala de Control (*CCR, Control Center Replica*), tanto en apariencia como en las funciones que desarrolla.

b) Los simuladores de modelos prediseñados, (*MFDS, Model Forward for Design Simulator*), los cuales sólo reproducen las conductas del proceso, por consiguiente, no alcanzan a cumplir las características descritas en el punto a), basándose en la observación de valores de variables y que permiten modificar parámetros para buscar las soluciones que se buscan.

1.2. SIMULADOR DE ENTRENAMIENTO DE UNA PLANTA DE PROPULSIÓN MARÍTIMA

Garantiza nivelar los conocimientos que tengan los operarios sobre los procedimientos y uso de los sistemas de control.

Este simulador permite el ensayo de situaciones potencialmente peligrosas y permite que los operarios identifiquen el origen de determinados problemas o fallas y desarrollen capacidades de resolución en base a procedimientos establecidos.

Este tipo de simulador es del tipo alcance total, es decir una réplica de la planta original, diseñado exclusivamente para el entrenamiento de sus operadores, en el cual están involucrados los principalmente sistemas de control tales como:

1.2.1. Sistemas de control

- Control de puesta en servicio de las turbinas.
- Control de selección de turbina.
- Control de selección de mando.
- Control de órdenes de velocidad de las turbinas.
- Control de ángulo de pala de la hélice.
- Control porcentaje de apertura de la válvula de combustible.
- Control del freno
- Inhibidor de control. (sistema no operativo)

En la figura 1-1 se muestra el tablero de control de la planta propulsora actual en la cual se pretende destacar los principales componentes que permiten representar de mejor forma las secuencias y cambios de estado de la maquinaria tanto en la puesta en servicio como durante su operación, dentro de los cuales se pueden destacar los más relevantes:



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-1. Control y supervisión actual del tablero que gobierna la planta propulsora

1.2.2. Componentes principales del sistema de propulsión

- Dos turbinas de baja potencia.
- Dos turbinas de alta potencia.
- Coplas sincrónicas, una por turbina.
- Freno independiente por cada eje.
- Dos cajas de engranajes.
- Dos líneas de ejes.
- Dos hélices de paso controlable.

1.3. SECUENCIA DE OPERACIÓN

1.3.1. Condiciones iniciales

El sistema de propulsión inicialmente debe cumplir una serie de condiciones antes de la puesta en servicio de las turbinas a gas tales como:

- Presión de combustible.
- Presión de lubricación.
- Presión de agua de enfriamiento.

- Sistema de supervisión y control de temperatura.
- Sistema de control de las turbinas.

Todas las variables mencionadas tienen indicadores independientes del estado en que se encuentran, y cuando todas éstas han pasado a la condición, “en servicio”, se representa con una luz indicadora única indicando las condiciones iniciales cumplidas.

1.3.2. Partida de las turbinas a gas

Una vez logradas las condiciones iniciales, se procede a iniciar la partida de la turbina eligiendo una de las dos existentes por línea de eje, ya sea la de menor o la de mayor potencia, utilizando para este procedimiento una llave de habilitación y la posterior acción de oprimir el pulsador de partida, en dicho proceso se producen los siguientes cambios de estados.

- Ataca el motor de partida
- Aumenta la presión de lubricación de la turbina
- Se abre la válvula de baja presión de combustible
- Se abre la válvula de alta presión de combustible
- Sale el motor de partida
- Aumento controlado de la temperatura
- Indicación de partida normal

La acción de “colocar en servicio la turbina” al oprimir la botonera se representa en la misma una luz indicadora, la que posteriormente cambia a otra que indica partida normal. En esta etapa tenemos la turbina con los parámetros estables, acoplada a la caja de engranajes a través de la copla sincrónica y la caja de engranajes haciendo girar al eje a 86 revoluciones por minuto, con la particularidad que el ángulo de pala está posicionado en cero grados, permitiendo que no se produzca el desplazamiento de la nave.

1.3.3. Selección de la turbina

Después de los procesos precedentes, la turbina se ha estabilizado en velocidad y temperatura y está lista a ser seleccionada, cuyo proceso se lleva a cabo oprimiendo la botonera de selección de la banda en que la turbina se encuentra en servicio.

La acción de “seleccionar la turbina” comprende el proceso de incorporar el sistema de control de órdenes de velocidad de la banda en que la turbina se encuentra en servicio, por cuanto este último sistema siempre a la partida debe estar seleccionado en la orden denominada “para”.

Esta acción de seleccionar una turbina se representa por una luz indicadora que se enciende en el tablero de control del simulador.

En la figura 1-2 se puede apreciar una turbina a gas modelo Olympus, la cual está ubicada en las instalaciones de instrucción de los sistemas de propulsión, cuyo desarme parcial muestra partes importantes de los componentes internos



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-2. Turbina *Olympus* de aplicación naval

1.3.4. Hélice de paso controlable

Consiste en un sistema eléctrico hidráulico que permite mover las palas en ángulos preestablecidos en el sistema automático de control de las turbinas.

Este movimiento está graduado en grados, permitiendo 28 grados para propulsar adelante (avanzar) y 12 grados para propulsar atrás, con la particularidad que el eje continua girando en el mismo sentido en el que se inició en la partida.

En una partida en que la nave se encuentra detenida, el sistema de control de turbina posiciona el ángulo de la pala en cero grado, sin embargo, en condiciones en que la nave se encuentre propulsando con una sola línea de eje, (eje en modo conducido), y si se llegare a requerir de la línea de eje *stand by*, (arrastrado o frenado), se controla manualmente este último hasta igualar en grados a la pala del eje conducido (eje propulsando o acoplado a una turbina).

El movimiento de la pala de la hélice se realiza girando la base circular de ésta, como se aprecia en la figura 1-3, y el ángulo obtenido se representa en grados en dos indicadores con aguja tipo reloj, ubicados uno por eje en el tablero de la sala de control.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-3. Hélice de paso controlable

1.3.5. Eje en modo arrastrado

Esta condición se presenta cuando la nave está propulsando sólo con una línea de ejes, aplicándose este concepto a la línea de eje *stand by* que no está acoplada a la caja de engranaje y en consecuencia no hay turbina en servicio en dicha banda, ya sea

estribor (lado derecho) o babor (lado izquierdo), de tal forma que gira por efecto colateral causado por el eje que está propulsando (eje conducido).

La velocidad de giro mínima del eje arrastrado debe ser 50 revoluciones por minuto para lograr lubricar un descanso especial que lo sustenta, además existe la versatilidad, dentro de ciertos rangos, de controlar la velocidad por medio de la variación del ángulo de pala en modo manual.

La velocidad de giro del eje arrastrado se representa en un *display* de siete segmentos ubicado en el tablero de control, y el control de ángulo se realiza por medio de pulsadores tanto para aumentar o disminuir el ángulo.

1.3.6. Eje en modo frenado

Esta condición se presenta cuando la nave está propulsando sólo con una línea de eje, aplicándose este concepto a la línea de eje que se quiere detener o frenar.

Teniendo entonces la condición inicial de eje arrastrado, este eje se debe frenar por los siguientes motivos:

- La nave debe dar atrás con el eje conducido.
- El eje arrastrado no logra girar a una velocidad mayor a 50 rpm por efecto colateral del eje conducido.

Otro motivo que conduce a frenar el eje, es cuando éste, estando en modo conducido, ha sufrido una falla de importancia. Esto implica previamente llevar a cero la orden de velocidad a la máquina motriz de la banda afectada, luego frenar el eje con las condiciones de seguridad y posteriormente posicionar a máximo grado el ángulo de pala con el propósito de disminuir la resistencia mecánica en la dirección que se mueve la nave.

También se aplica esta acción al eje conducido sin dejar fuera de servicio la maquinaria asociada a este eje, con el propósito de efectuar una inspección, cuyo tiempo no debe superar los 30 minutos. Considerando que esta línea de eje tiene aplicado el freno y la turbina está aún en servicio y girando, esto tiene su explicación dentro de la turbina en que tiene un acople no mecánico, compuesto por superficies que se traspasan la energía a través de gases a altas presiones y elevadas temperaturas.

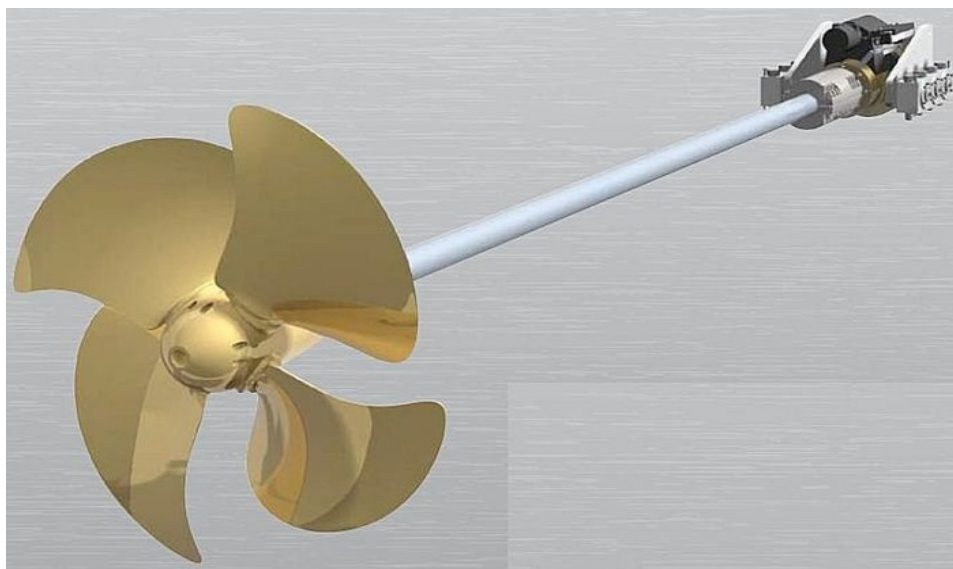
Esta condición del eje se representa con la visualización de dos luces indicadoras que se encienden en el tablero de control del simulador, para mostrar si el freno está aplicado o liberado.

1.3.7. Eje en modo conducido

Esta condición se representa cuando la turbina está conectada a su línea de eje respectiva a través de su copla sincrónica y este modo se refleja en el tablero de control del simulador a través de una luz indicadora que estará encendida mientras la turbina esté en servicio.

La acción de acoplamiento entre la turbina y la caja de engranaje se efectúa automáticamente en el proceso de puesta en servicio de la turbina, alcanzando una velocidad de marcha mínima de 86 revoluciones por minuto en el eje. Esta modalidad permite estar con la nave en una posición estacionaria, es decir, sin propulsar.

La figura 1-4, muestra partes importantes de la línea de eje tales como; hélice de paso controlable, eje y caja de engranaje.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-4. Hélice, línea de eje y caja de engranaje

1.4. SISTEMA DE ORDEN DE VELOCIDAD

Este sistema, representado en la figura 1-5, permite efectuar los cambios de velocidad en cada eje en forma independiente o una banda ordena a las dos al mismo tiempo activando el acoplamiento de orden, representándose cuatro posiciones para “dar adelante” y cuatro posiciones para “dar atrás”.

Cada selección de orden de velocidad tiene asociado un movimiento de ángulo de pala predeterminado y que a la vez provoca una propulsión a una cierta velocidad, excepto la posición “media fuerza adelante”, cuya selección es la única que está asociado con el control de orden de rpm del eje, ya sea +2, -2, +10, o -10 rpm., cuya característica es tener un control más fino en la orden de velocidad.

Entre las botoneras que están involucradas en las órdenes de velocidad se pueden mencionar las siguientes:

Posiciones de velocidad predeterminadas

- Para.
- Muy despacio adelante. Muy despacio atrás.
- Despacio adelante. Despacio atrás.
- Media fuerza adelante. Media fuerza atrás.
- Full adelante. Full atrás.

Control fino de +2 rpm o +-10 rpm, válido sólo en la posición “media fuerza adelante”

- Aumentar o disminuir 2 revoluciones al eje.
- Aumentar o disminuir 10 revoluciones al eje.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-5. Control de orden de velocidad

1.5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El factor común de todas las representaciones de los cambios de estado de los sistemas de ingeniería mencionados, está relacionado con luces indicadoras, a excepción de los indicadores de ángulo de pala de la hélice e indicador de porcentaje de apertura de la válvula de combustible hacia una turbina específica. Por consiguiente, este diseño que reflejan las condiciones originales del proceso, muy aproximado a lo real, sólo puede ser entendido por personas que conocen los complejos procesos de los sistemas de ingeniería, dejando de lado a un gran porcentaje de alumnos que están recién en la etapa de formación, que a futuro serán parte integral de las dotaciones.

Por tal motivo se pretende innovar las instalaciones del simulador para alcanzar mayor eficiencia y alcanzar nuevos objetivos, ya que el análisis de la problemática ha detectado que los actuales medios de enseñanza, es decir, con las instalaciones originales

que componen el simulador, no son suficientemente efectivos para que los alumnos que se están iniciando comprendan los procesos.

Las instalaciones actualmente sólo son utilizadas por los operadores de los sistemas reales. Además, no existe otro medio de familiarización, lo que hace difícil la incorporación de los alumnos en esta fase inicial de formación.

De acuerdo a experiencias en seminarios de sistemas de propulsión, en donde varios países exponen tendencias de sus maquinarias, se obtiene como dato relevante que la incidencia de fallas y alcance de la vida útil de la maquinaria depende en gran parte de la eficiencia de sus operadores.

El proceso de formación como operador de los sistemas de las naves, se inicia con el reconocimiento de todos los circuitos relacionados con el proceso de los sistemas de ingeniería, y una vez asimilados, se integran a la operación desde la sala de control. El entrenamiento en este último, significa identificar las luces indicadoras, conocer los controles y relacionarlos con la fase inicial, siendo este vacío el que se desea suplir con desarrollo del proyecto.

Inicialmente la iniciativa de incorporar nuevos medios de enseñanza, apoyado con tecnología actualizada, exclusivamente para el apoyo en el aprendizaje de los alumnos, se relaciona finalmente con la obtención de alcanzar en un corto plazo, un buen nivel de preparación para sus futuras dotaciones. En el medio nacional no existe una empresa dedicada exclusivamente a ejercer trabajos en simuladores de procesos industriales, y basado en la respuesta de estas al entregar algunas vías de solución a la instalación, no habían experimentado anteriormente trabajos de este tipo.

Este proyecto se ha emprendido con el propósito de implementar una funcionalidad práctica para los operadores de los procesos dinámicos, lo cual significa que no es un automatismo en donde sólo se tenga que efectuar un proceso en donde no hay intervención del ser humano para supervisar, todo lo contrario, el proyecto está dirigido a personas que se encuentran en un ambiente continuamente dinámico en donde se tiene que intervenir continuamente según las condiciones existentes.

Este último enfoque eleva el alcance del proyecto en cuanto a que se preparará a una nueva generación de alumnos para interactuar en una sala de control y desarrollar las capacidades para tomar las mejores decisiones ante condiciones adversas.

Otro valor agregado al propuesto, es incorporar un sistema de control remoto a través de Intranet e Internet con el propósito de operar la sala de control de propulsión de algún punto remoto.

Es así que, **la motivación** que ha inducido a llevar a cabo este proyecto, es la necesidad de proveer información relevante a los alumnos que están iniciándose en la operación de los sistemas de propulsión de las naves marítimas, representando todos los

cambios de estados descritos, en una forma didáctica y dinámica, que facilite la comprensión y refuercen los conocimientos entregados en las salas de clases, que hasta la fecha estas materias sólo se desarrollan en teoría, obedeciendo a las conductas de entrada que no permiten involucrarse con el simulador de entrenamiento.

1.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La evaluación de las alternativas de este proyecto deberá alcanzar el objetivo de cambiar la forma de representación de los cambios de estado que están instaladas en el simulador de entrenamiento y que proporcionen ventajas en el aprendizaje de los futuros operadores de costosos sistemas de ingeniería.

1.6.1. Alternativa de solución N° 1

Utilización de simulador de entrenamiento

Participación de los alumnos sin experiencia en el simulador de entrenamiento para el aprendizaje de los sistemas de propulsión, preparándolos con reconocimientos de esquemas de la planta propulsora previo a las prácticas en el simulador.

1.6.2. Alternativa de solución N° 2

Utilización del simulador como fuente de señal

Las señales que llegan a los indicadores del tablero de control, permiten la representación de los cambios de estados durante la evolución del proceso, dentro de las cuales se encuentran señales lógicas y análogas las cuales se pueden obtener con tarjetas adquisidoras de datos, llevarlas a un procesador de datos y representarlas con algún programa que represente en forma gráfica los cambios de estados.

1.6.3. Alternativa de solución N° 3

Animación del proceso en tiempo real con aplicación de controladores lógicos programables Omron

Esta alternativa comprende utilizar un controlador lógico programable, reproduciendo los cambios de estado de la planta propulsora, y representarlos gráficamente en un monitor por un *software* SCADA, con la propiedad de poder mostrar el proceso como la instalación interna de la planta

CAPÍTULO 2: PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

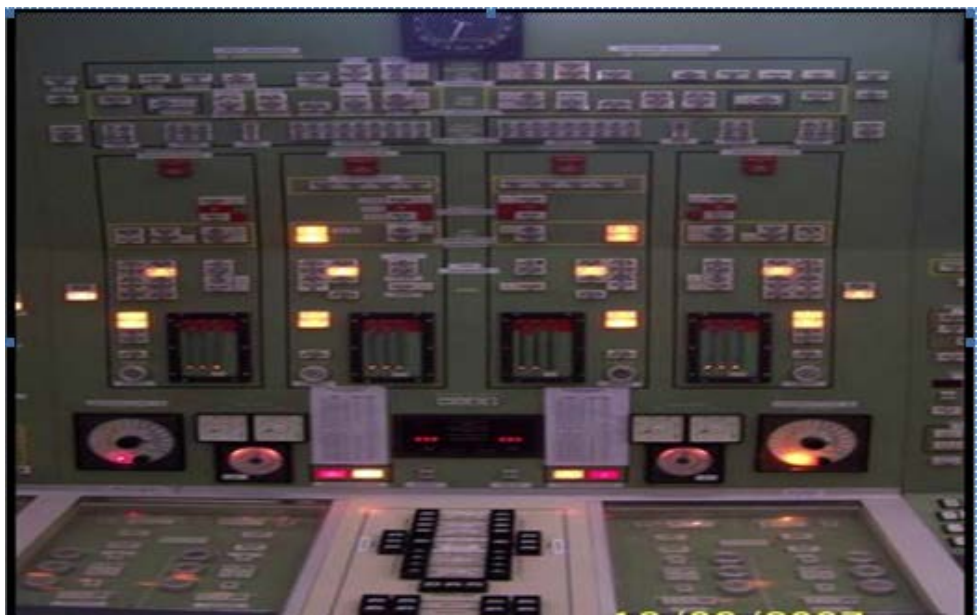
2. **PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Teniendo presente los objetivos que se quieren alcanzar, incorporando anticipadamente a un nuevo grupo de personas al entrenamiento en el control de la propulsión, aunque con un nivel básico de conocimientos, se pretende configurar lo más aproximadamente posible a los esquemas internos de la maquinaria de una nave real, en base a los controles actuales del simulador.

2.1. **ESQUEMAS GENERALES**

2.1.1. **Tablero de control y supervisión actual**

La figura 2-1, muestra los esquemas de la instalación original correspondiente al tablero de control del simulador de propulsión, el que está conformado por visualizadores que se iluminan cuando detectan una falla y también botoneras de control que se iluminan al accionarlas asociadas a la puesta en servicio de alguna maquinaria u orden de velocidad como se muestra en la figura 2-2, seleccionada en la posición “media fuerza adelante”.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1. Tablero de control y supervisión del sistema de propulsión



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2. Control de velocidad de las turbinas babor y estribor

2.2. ESQUEMA MODULAR DEL NUEVO SISTEMA A INTEGRAR

La figura 2-3, involucra los elementos y software que se integrarán para lograr los objetivos planteados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3. Esquemas modular del nuevo sistema integrando, *software* y *hardware*

2.3. ALCANCE DE LA SOLUCIÓN

Con el propósito de potenciar los objetivos que alcanza el simulador de propulsión marítimo, se busca una alternativa para solucionar algunas deficiencias, **visualizando en tiempo real los principales cambios de estados que se desarrollan en un simulador de propulsión marítimo, con la implementación de esquemas comprensibles y acordes a las instalaciones reales**, para ser dirigida a un potencial humano que está en proceso de formación académica y que en un futuro próximo se verán involucrados en la mantención y operación de estos sistemas, por consiguiente, la solución a exponer pretende disminuir los tiempos de aprendizaje y llegar con mejores conductas de entrada e interactuar con mayor facilidad con los controles de la planta propulsora real.

El simulador de propulsión, tiene como objetivo principal entrenar a las dotaciones con experiencia en el tema, más aún mantenerlos familiarizados con un sistema de control que no representa una configuración esquemática de acuerdo a sus instalaciones, por lo que, este aprendizaje implica un tiempo muy importante para obtener finalmente el nivel de operador.

Es por este motivo, que estando en un entorno de la educación, en donde se está buscando constantemente la mejor forma de entregar los conocimientos a los alumnos, en este caso personas que se están integrando recién al medio, se dirigen los esfuerzos para llegar a concretar esta tarea, incorporando tecnologías que permitan alcanzar los objetivos planteados en un menor tiempo.

2.3.1. Desarrollo de la solución

El desarrollo del presente proyecto está basado en la utilización de la *suite CX-One*, que involucra los programas ***CX-Programmer***, ***CX-Server*** y ***CX-Supervisor***, en combinación con los “programadores lógicos programables” **Omron**, que mediante la comunicación entre éstos, permitirán la programación.

2.3.2. La elección de CX-One

A pesar que en los laboratorios de la Institución se utilizan los PLC Siemens para las prácticas de programación, son los PLC Omron los que últimamente se han incorporado en los laboratorios de Control de Procesos, además con el valor agregado del programa ***CX-Supervisor***, utilizado en la supervisión de los procesos. Por consiguiente, esta alianza ya está probada con buenos resultados, sin mencionar los

nuevos conocimientos adquiridos al estudiar otras marcas de dispositivos que se suman a los ya utilizados en los programas regulares de la carrera.

2.3.3. El CX-Programmer

CX-Programmer es una herramienta para programar los controladores lógicos programables de Omron, *software* que se utiliza para crear el programa y ejecutarlo con alguna unidad PLC, siendo el modelo CP1L el elegido para desarrollar el presente proyecto.

Otras aplicaciones, además de programar son, proyectar, probar y depurar el programa, visualizar las direcciones y valores, además de programar y monitorizar en forma remota a través de la red.

2.3.4. El CX-Supervisor

Este programa proporciona la funcionalidad y flexibilidad necesaria para crear y ejecutar aplicaciones e interfaz gráfica. Este programa trabaja en conjunto con el *CX-Server*, que proporciona una base de comunicación de los programas expuestos, además *CX-Programmer* es utilizado para controlar y monitorizar el *hardware* de la planta que permitirá representar los cambios de estados de ésta en un esquema representativo, de conocimiento general por los alumnos, los cuales estarán distribuidos de forma similar a la instalación real, visualizando en forma dinámica los procesos a través de un monitor.

La configuración de esta etapa, permite al usuario definir el entorno de trabajo de su aplicación, para ello se incorpora un editor gráfico que permite graficar mediante los objetos disponibles. También durante la configuración permite enlazar los elementos de campo.

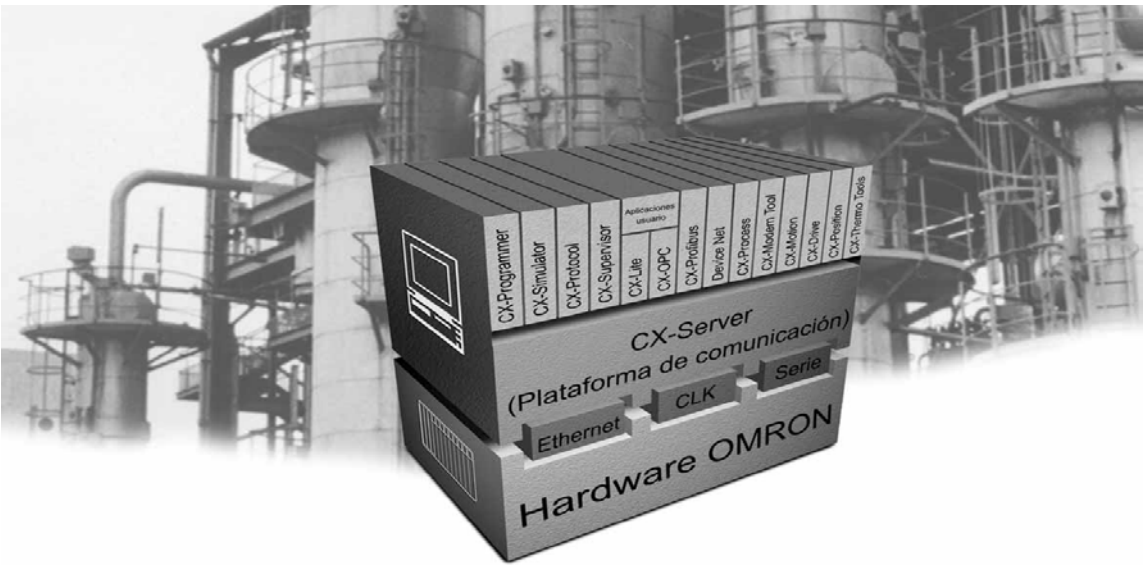
Es un programa SCADA para aplicaciones pequeñas y medianas que contiene una variada gama de objetos gráficos que se pueden usar para presentar la información de un proceso a un operador de forma clara, concisa y no ambigua que induzca a errores, convirtiéndose el programa, *CX-Supervisor*, en una aplicación muy práctica.

2.3.5. El CX-Server

Es una plataforma que permite seleccionar un control de comunicaciones de datos, que incluye el *software*. La figura 2-4, muestra el soporte de las comunicaciones con varios programas de los cuales se usarán sólo algunos de ellos.

También durante la configuración se seleccionan los drivers de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma.

También es posible una configuración en base a tablas en donde se indican las variables que después se van a visualizar, procesar o controlar, aplicación que permite facilitar la programación posterior.



Fuente: Manual Omron

Figura 2-4. Plataforma de comunicaciones CX-Server

2.4. COMPONENTES OMRON

Omron incorpora los siguientes PLC, los cuales se clasifican de la siguiente forma:

- Grandes CS1
- Medianos CJ1
- Medianos CJ2, nueva generación.
- Compactos CP1H, CPIM, CP1L, CP1E

Para la solución del presente proyecto se utilizará la unidad compacta CP1L, mostrada en la figura 2-5, y las características de expansión que ofrece en relación al sistema a aplicar.



Fuente: Manual Omron

Figura 2-5. Unidad CP1L de la casa Omron

2.4.1. Características del modelo PLC elegido

La *suite* de automatización CX de Omron facilita la configuración de potentes sistemas avanzados de control industrial. La plataforma de comunicaciones contiene controladores para todas las redes de dispositivos de Omron, lo que garantiza una buena conexión del tipo de red o dispositivo. La plataforma de comunicaciones de automatización CX integra información de proceso y gestión, por lo cual permite al usuario visualizar los cambios de estados de un proceso.

Los autómatas CP1L son los PLCs de gama baja de la serie SYSMAC CP. Tienen menor capacidad de programa y de Entrada/Salida, sin embargo, ofrecen muchas características y alto rendimiento, los cuales han sustituido al CPM1A y CPM2A.

- CP1L-L: sustituto de CPM1A / CPM2A
- CP1L-M: sustituto de CPM2A

Dentro de los PLC compactos expuestos CP1L-L y CP1L-M, la elección se basa en las características para representar el esquema propuesto, las cuales deben tener, como mínimo, un soporte de 26 señales abierto/cerrado y tres señales análogas independientes por cada banda de la nave, ya sea ésta de estribor o babor.

Se propone a continuación, en la tabla 2-1, las unidades de las cuales se elegirá la más adecuada dentro de los requerimientos para desarrollar el proyecto, sin embargo, se debe tener una visión a futuro en que se pueden integrar otras variables para complementar y optimizar el proyecto.

Tabla 2-1. Máximo número E/S que se pueden gestionar con CP1L

Tipo	Capacidad Entrada/ Salida	Modelo	Entradas	Salidas	Máximo número de Unidades de Expansión	Máximo total Entrada/ Salida
M	40 Puntos	CP1L-M40DR-A CP1L-M40DR-D CP1L-M40DT-D CP1L-M40DT1-D	24	16	3 Unidades Entradas=24*3 Salidas=16*3	Max.:160 Entradas=96 Salidas=64
M	30 Puntos	CP1L-M30DR-A CP1L-M30DR-D CP1L-M30DT-D CP1L-M30DT1-D	18	12	3 Unidades Entradas=24*3 Salidas=16*3	Max.:150 Entradas=90 Salidas=60
L	20 Puntos	CP1L-L20DR-A CP1L-M20DR-D CP1L-M20DT-D CP1L-M20DT1-D	12	8	3 Unidades Entradas=24*3 Salidas=16*3	Max.:60 Entradas=36 Salidas=24
L	14 Puntos	CP1L-L14DR-A CP1L-M14DR-D CP1L-M14DT-D CP1L-M14DT1-D	8	6	1 Unidades Entradas=24 Salidas=16	Max.:54 Entradas=32 Salidas=22

Fuente: Manual Omron

La elección entre las CPU mostrados en la tabla 2-1, será el modelo CP1L-M40DR-D, mostrado en la figura 2-6, cuya unidad satisface las demandas mínimas del proyecto.



Fuente: Manual omron

Figura 2-6. Unidad CP1L-M40DR-D

Considerando que este modelo CP1L-M40DR-D acepta hasta tres unidades de expansión de hasta 40 puntos, cuyas entradas y salidas se especifican en la tabla 2-2, se las entrada se utilizarán en su totalidad.

Tabla 2-2. Características del dispositivo Omron elegido

Tipo	Capacidad Entrada/ Salida	Modelo	Entradas	Salidas	Máximo número de Unidades de Expansión	Máximo total de Entrada/ Salida
M	40 Puntos	CP1L-M40DR-D	24	16	3 Unidades	Max.:160
					Entradas=24*3	Entradas=96
					Salidas=16*3	Salidas=64

Fuente: Manual Omron

La figura 2-7 muestra la nomenclatura del PLC elegido, modelo CP1L-M40DR-D, destacando la capacidad de programa, número de entradas y salidas, clasificación de entradas, alimentación y clasificación de salidas

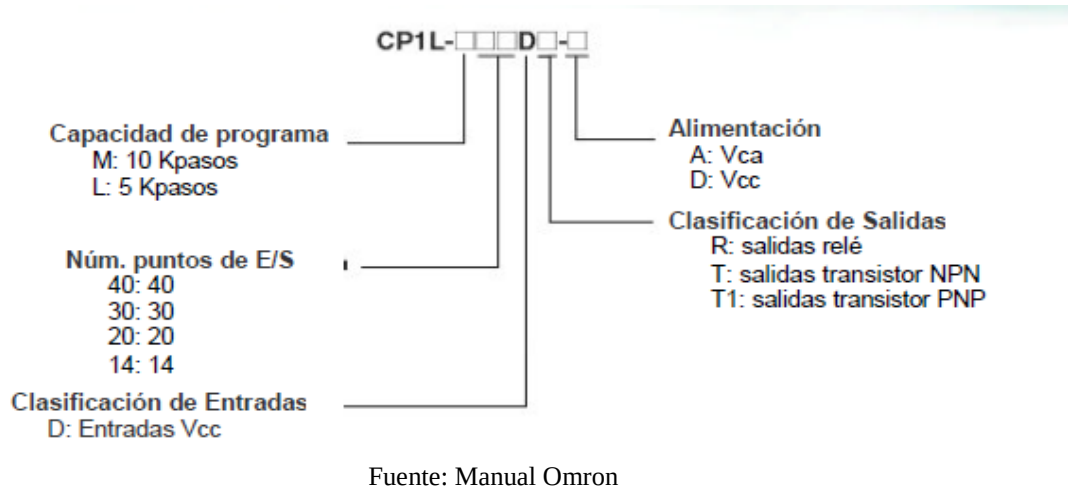


Figura 2-7. Nomenclatura unidad CP1L-M40DR-D

2.4.2. Unidades de expansión entrada/salida

De acuerdo con las necesidades del número de variables de entrada para este proyecto, se aumentará con unidades de expansión de 40 puntos, de los cuales 24 señales de cada unidad están destinados a las entradas, considerando que la unidad seleccionada es el CP1W/CPM1A-40EDR

La tabla 2-3, muestra las unidades de expansión correspondientes a las entradas y salidas con sus consumos en amperes.

Tabla 2-3. Unidades de expansión entrada/salida

Expansion Units and Expansion I/O Units					
Unit name			Model	Current consumption	
				5 VDC	24 VDC
Expansion I/O Units		40 I/O points	CP1W/CPM1A-40EDR	0.080 A	0.090 A
		24 inputs	CP1W/CPM1A-40EDT	0.160 A	---
		16 outputs	CP1W/CPM1A-40EDT1		
		20 I/O points	CP1W/CPM1A-20EDR1	0.103 A	0.044 A
		12 inputs	CP1W/CPM1A-20EDT	0.130 A	---
		8 outputs	CP1W/CPM1A-20EDT1		
		16 outputs	CP1W/CPM1A-16ER	0.042 A	0.090 A
		8 inputs	CP1W/CPM1A-8ED	0.018 A	---
		8 outputs	CP1W/CPM1A-8ER	0.026 A	0.044 A
			CP1W/CPM1A-8ET	0.075 A	---
			CP1W/CPM1A-8ET1		
		Expansion Units	Analog Input Unit	4 inputs	CP1W/CPM1A-AD041
Analog Output Unit	4 outputs		CP1W/CPM1A-DA041	0.080 A	0.124 A
Analog I/O Units	2 inputs 1 output		CP1W/CPM1A-MAD01	0.066 A	0.066 A
			CP1W/CPM1A-MAD11	0.083 A	0.110 A
Temperature Sensor Units	K or J thermocouples Pt or JPt platinum resistance thermometers		CP1W/CPM1A-TS001	0.040 A	0.059 A
			CP1W/CPM1A-TS002		
			CP1W/CPM1A-TS101	0.054 A	0.073 A
	CP1W/CPM1A-TS102				
CompoBus/S I/O Link Unit	8 inputs 8 outputs	CP1W/CPM1A-SRT21	0.029 A	---	
DeviceNet I/O Link Unit	32 inputs 32 outputs	CPM1A-DRT21	0.048 A	---	

Fuente: Manual Omron

2.4.3. Unidades de expansión de entrada analógica

Este módulo estará dedicado al muestreo de las señales analógicas que alimentan a los instrumentos que indican el porcentaje de apertura de la válvula de combustible y el ángulo de la hélice, indicadores que se representan en la figuras 2-8, vista frontal y la figura 2-9, vista posterior del tablero de control, señales que se representan en un rango de, -10 volts hasta +10 volts., tanto para las unidades de babor como estribor.

Estas señales representarán tres indicadores por banda:

- Indicador apertura válvula de combustible turbina *Tyne*
- Indicador apertura válvula de combustible turbina *Olympus*
- Indicador de ángulo de pala de la hélice

La tabla 2-4 comprende la elección de de las unidades de expansión de entrada analógicas, correspondiente al modelo CP1W-AD041.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-8. Indicadores, apertura válvula de combustible y ángulo de pala



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-9. Conexión posterior indicadores válvula de combustible *Olympus* y *Tyne* y ángulo de pala, señal analoga

Tabla 2-4. Elección de las unidades de expansión de entrada análoga

Nombre	Modelo	Especificaciones
Unidad entradas análogas	CP1W-AD041	4 Entradas análogas.
	CPM1A-DA041	-10 a +10 volts

Fuente: Elaboración propia

2.4.4. Accesorios para la instalación de los módulos

Tabla 2-5. Accesorios

Nombre	Modelo	Especificaciones	Observaciones
DIN <i>Track</i> (Riel de Soporte)	PFP-50N		
<i>End Plate</i> (limitadores)	PFP-M		
Cable Entrada/Salida de Conexión	CP1W- CN811	Usado para instalar serie CP	

Fuente: Elaboración propia

2.4.5. Asignación de canales, (CIO), para la CPU y unidad de expansión

La asignación de canales para la Unidad CPU estará predeterminada de acuerdo al siguiente direccionamiento mostrado en la tabla 2-6.

Tabla 2-6. Canales asignados predeterminados para la CPU

Unidad CPU	Canales asignados		Nº de Unidades de Exp. y Unidades de Exp. de E/S conectadas
	Bits de Entrada	Bits de Salida	
14 puntos de E/S	CIO 0	CIO 100	1
20 puntos de E/S	CIO 0	CIO 100	1
30 puntos de E/S	CIO 0 y CIO 1	CIO 100 y CIO 101	3
40 puntos de E/S	CIO 0 y CIO 1	CIO 100 y CIO 101	3

Fuente: Manual Omron

2.4.5.1. Canales asignados para la CPU

Entrada:

Desde el CIO 0 (*Chanel in out*, cero) con 12 bits.

Hasta el CIO 1 (*Chanel in out*, uno) con 12 bits.

Salida:

Desde el CIO 100 con 8 bits.

Hasta el CIO 101 con 8 bits.

Una vez configurada la CPU con sus canales respectivos, la asignación de canales para las unidades de expansión serán los canales consecutivos.

2.4.5.2. Canales asignados para la segunda y tercera unidad de expansión

La asignación de canales para la segunda y tercera unidad de expansión entrada/salida, será la siguiente de acuerdo a la tabla 3:

Entrada segunda unidad de expansión

Desde el CIO 6 (*Chanel in out*, seis) con 12 bits.

Hasta el CIO 7 (*Chanel in out*, siete) con 12 bits.

Salida segunda unidad de expansión:

Desde el CIO 104 con 8 bits.

Hasta el CIO 105 con 8 bits.

Entrada tercera unidad de expansión entrada/salida:

Desde el CIO 8 (*Chanel in out*, ocho) con 12 bits.

Hasta el CIO 9 (*Chanel in out*, nueve) con 12 bits.

Salida tercera unidad de expansión entrada/salida:

Desde el CIO 106 con 8 bits.

Hasta el CIO 107 con 8 bits.

2.4.5.3. Canales asignados para la unidad de expansión entrada análoga

La asignación de canales para la unidad de expansión de entrada análoga, CP1W-AD041 es un módulo de expansión del autómata CP1L por lo que su

direccionamiento, estará determinado por el número de entradas de la unidad CP1L y por la posición donde pongamos el modulo de expansión en el modelo elegido CP1L.

En la tabla 2-7 especifica que el CP1W-AD041, utiliza 4 palabras a la entrada y una a la salida, lo que se representa de la siguiente manera:

Cuatro canales de entrada, de las cuales se utilizarán sólo tres por banda, en donde asignaremos los valores de las entradas analógicas.

Dos canales de salidas donde configuraremos las entradas analógicas, a pesar de que la tabla expresa sólo una palabra de salida, en realidad es que deben ser dos para lograr su configuración.

Tabla 2-7. Direcciones asignadas a la unidad de expansión entrada análoga

Unit		Input words		Output words	
Analog I/O Units	CP1W-MAD11	2 words	CIO m to CIO m+1	1 word	CIO n
	CPM1A-MAD11				
	CPM1A-MAD01				
Analog Input Units	CP1W-AD041	4 words	CIO m to CIO m+3	1 word	CIO n
	CPM1A-AD041			2 words	CIO n to CIO n+1
Analog Output Units	CP1W-DA041	None	---	4 words	CIO n to CIO n+3
	CPM1A-DA041				
Temperature Sensor Units	CP1W-TS001	2 words	CIO m to CIO m+1	None	---
	CPM1A-TS001	4 words	CIO m to CIO m+3	None	---
	CP1W-TS002				
	CPM1A-TS002	2 words	CIO m to CIO m+1	None	---
	CP1W-TS101				
	CPM1A-TS101	4 words	CIO m to CIO m+3	None	---
	CP1W-TS102				
	CPM1A-TS102	2 words	CIO m to CIO m+1	2 words	CIO n to CIO n+1
	CPM1A-DRT21				
DeviceNet I/O Link Units	CPM1A-DRT21	2 words	CIO m to CIO m+1	2 words	CIO n to CIO n+1
CompoBus/S I/O Link Units	CP1W-SRT21	1 word	CIO m	1 word	CIO n
	CPM1A-SRT21				

Fuente: Manual Omron

Entrada:

- Desde el CIO 2 (*Chanel in out*, dos) con 12 bits.
- Hasta el CIO 5 (*Chanel in out*, cinco) con 12 bits.

Salida:

- Desde el CIO 102 con 8 bits.
- Hasta el CIO 103 con 8 bits.

La configuración que se ha de realizar para cada entrada analógica es la siguiente:

- Tipo de entrada analógica: 0 a 10V / -10 a 10V / 4-20mA /...
- Habilitar promedio de entrada.
- Habilitar la entrada analógica.

En el diagrama representado por la figura 2-10, se puede ver qué bits de los canales 102 y 103 pertenecen a cada entrada analógica y qué valores hay que utilizar para configurarla. En el caso del ejemplo sólo trabajaremos con la entrada 1, configurándola de la siguiente forma:

- Tipo de entrada analógica, lectura desde -10 volts a +10 volts = 0
- Promedio de entrada no habilitado = 0
- Entrada analógica habilitada = 1

El resto de entradas se dejan en cero ya que no se utilizarán.

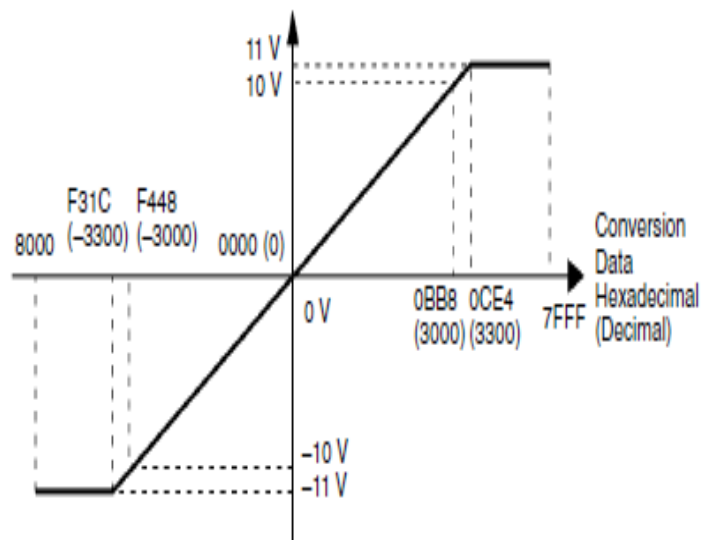
Es muy importante poner en “on” los bits de la dirección 102, bits 15 (107.15), y la dirección 103, bits 15 ya que de no hacerlo no podremos leer la entrada analógica.

El escalado representado por la figura 2-11, muestra el rango de conversión que se realizará con las señales análogas, -10 a +10 volts.



Fuente: Manual Omron

Figura 2-10. Configuración módulo análogo



Fuente: Manual Omron

Figura 2-11. Escalado señal analógica -10 a +10 volts

2.5. PROGRAMA DEL AUTÓMATA

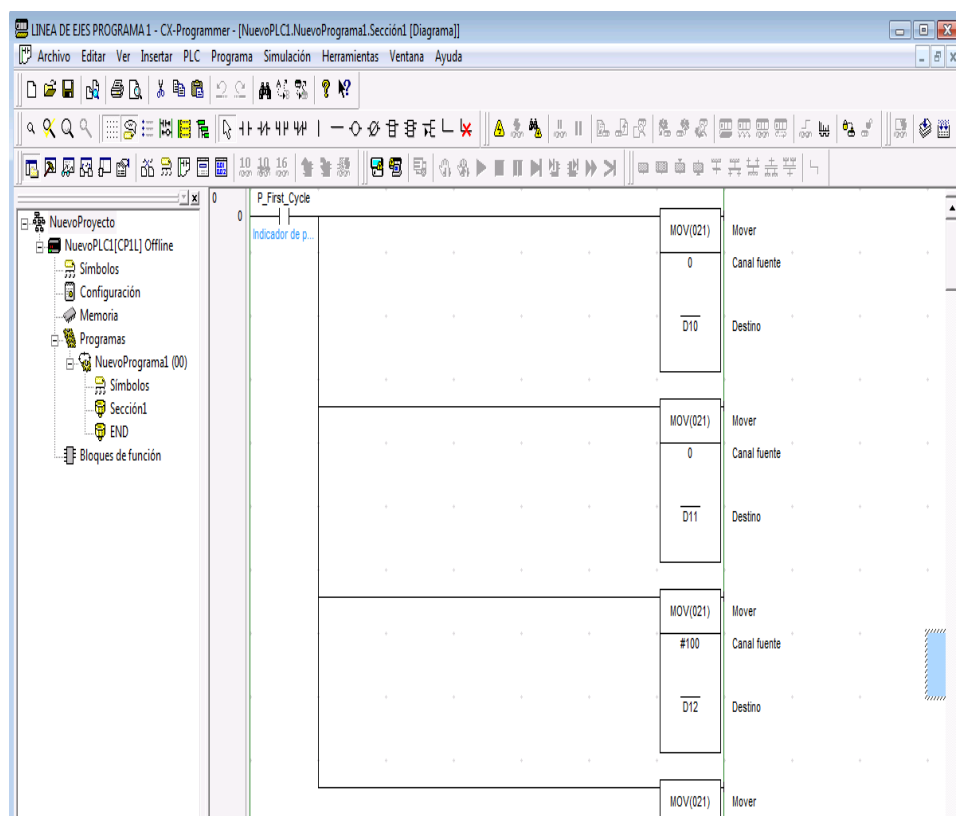
Mediante *CX-Programmer* se creará un programa donde se configurará el módulo CP1W-AD041 atendiendo a lo explicado anteriormente donde se efectuará un escalado de la señal analógica obtenida de las mediciones desde -10 volts a +10 volts.

La señal que recibiremos en la entrada analógica 1, en el canal 2, se visualiza en Hexadecimal.

2.5.1. La unidad CP1L permite 3 opciones de lenguaje de programación

- Diagrama Escalera.
- Bloques de función.
- Texto estructurado.

El programa mostrado en la figura 2-12, es el que se utilizará para la ejecución del proceso, siendo el diagrama de escalera o diagrama de relés, que permite una representación de la lógica de control similar a la los circuitos electromecánicos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-12. Programación diagrama escalera

2.5.2. Esta unidad CP1M incorpora tres modos de operación

- Modo *program*
- Modo *monitor*
- Modo *run*

2.5.2.1. Modo *program*

Los programas no se ejecutan, aunque pueden ejecutarse preparativos como la creación de tablas de entrada y salida, la inicialización de la configuración del PLC, la transferencia y comprobación de programas antes de la ejecución del programa.

2.5.2.2. Modo *monitor*

En este modo el programa se ejecuta, aunque algunas operaciones también se habilitan tales como; edición en línea, forzar a reconfiguración y algunos cambios en los valores actuales de la memoria de entrada salida, es decir en este modo se configura para pruebas y ajustes.

2.5.2.3. Modo run

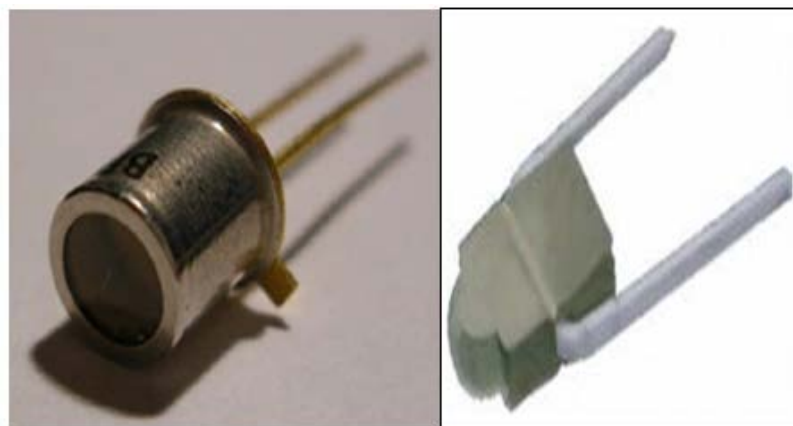
Permite la monitorización del área de dato y visualización de diagnóstico, quedando algunas funciones inhabilitadas.

2.6. **REQUERIMIENTOS SOFTWARE Y HARDWARE**

- Sistema operativo, *Windows 98*, 98, 2000, XP.
- Computador IBM o compatible, Pentium o superior, 200 Mhz.
- 64 Mb de memoria RAM, recomendados 128 Mb.
- 40 Mb de espacio disponible en disco.
- VGA 640x480, recomendados 1024x768.
- Unidad de CD-Rom para el proceso de instalación

2.7. **EL FOTOTRANSISTOR**

Se ha elegido el dispositivo fototransistor, representado en la figura 2-13, que debido a su característica de obtener un cambio de estado con la interacción de un haz luminoso, lo que beneficia en obtener una señal sin una conexión directa con el circuito medido, ventaja que se traducirá en tener dos sistemas totalmente independientes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-13. Estructura física de un fototransistor

Los fototransistores no son muy diferentes de un transistor normal, ya que están compuestos por el mismo material semiconductor, tienen dos junturas y las mismas conexiones externas que se conocen, base colector y emisor, siendo un dispositivo muy sensible a la luz, característica que se debe controlar con detalle a través de un circuito complementario.

Una de sus características estructurales, es que posee una ventana o es totalmente transparente, para dejar que la luz ingrese hasta las junturas de la pastilla semiconductora y produzca el efecto fotoeléctrico.

Otra de sus características es que se asemeja a un transistor normal, ya que se puede regular la corriente de colector por medio de la corriente de base, considerando que esta característica optoelectrónica, permite controlar la corriente de colector en función de la cantidad de incidencia de luz sobre sus junturas.

2.7.1. Tipos de fototransistores

Los dos modos de regulación de la corriente de colector se pueden utilizar en forma simultánea. Es común que la conexión de base de los fototransistores no se utilice, e incluso que no se la conecte o ni siquiera esté estructurado de fábrica. En algunos casos se debe estabilizar el funcionamiento del transistor, a través de una corriente de estabilización, permitiendo una acción más sensible cuando se debe detectar una luz muy débil. Esta corriente de estabilización (llamada *bias*, en inglés) cumple con las mismas reglas de cualquier transistor, por consiguiente, tendrá una relación de amplificación determinada por la ganancia típica de corriente, o h_{fe} . A esta corriente prefijada se le suman las variaciones producidas por los cambios en la luz que incide sobre el fototransistor.

Los fototransistores, pueden responder a variaciones muy rápidas de la luz y debido a que existe un factor de amplificación de por medio, el fototransistor entrega variaciones mucho mayores de corriente eléctrica en respuesta a las variaciones en la intensidad de la luz.

Los fototransistores combinan en un mismo dispositivo la detección de luz y la ganancia. Su construcción es similar a la de los transistores convencionales, excepto que la superficie superior se expone a la luz a través de una ventana o lente.

Los fotones incidentes generan pares electrón-hueco en la proximidad de la gran unión CB. Las tensiones de polarización inversa de la unión CB, llevan los huecos a la superficie de la base y los electrones al colector. La unión BE polarizada directamente, hace que los huecos circulen de base a emisor mientras que los electrones fluyen del emisor a la base. En este punto la acción convencional del transistor se lleva a cabo con los electrones inyectados del emisor cruzando la pequeña región de la base y alcanzando

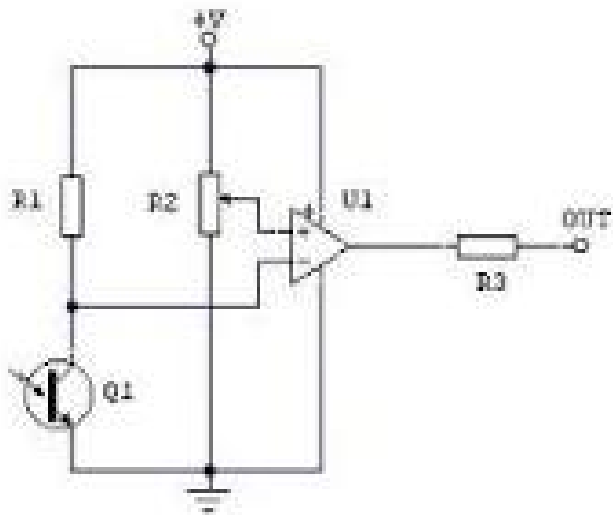
el colector que es más positivo. Este flujo de electrones constituye una corriente de colector inducida por la luz. Los pares electrón-hueco fotoinducidos, contribuyen a la corriente de base y si el fototransistor se conecta en configuración de emisor común, la corriente de base inducida por la luz, aparece como corriente de colector multiplicada por la ganancia, β ó h_{fe} .

La sensibilidad de radiación colector a emisor (SRCEO), se define como la corriente de salida de colector por unidad de irradiancia incidente con la base abierta. La correspondiente sensibilidad SRCBO se refiere a la corriente de la base por unidad de irradiancia incidente con el emisor abierto. Así pues, SRCBO se refiere a la pequeña corriente de base generada por los fotones y SRCEO incluye el factor multiplicador β del fototransistor.

Puede pensarse que la combinación de detección de luz y la función de amplificación en un solo dispositivo, es ya el sensor perfecto, pero esto no es efectivo en muchas aplicaciones. Primero, es importante tener en cuenta que en el fototransistor la corriente ICBO también se multiplica por β , como la fotocorriente de base. Una buena prueba de este hecho es una comparación de la irradiancia cuando la $I_{luz} = ICBO$ para varios foto detectores. La respuesta en frecuencia de los fototransistores es menor que la de la combinación fotodiodo-amplificador.

A pesar de las características mencionadas del fototransistor, su uso se restringe generalmente a aplicaciones ON-OFF, en que su ganancia propia puede eliminar la necesidad de amplificación posterior. De hecho, el mayor mercado para el fototransistor es para las aplicaciones de mayor velocidad donde es mejor fotoconductores de una pieza y más ganancia que un fotodiodo, con lo cual se elimina la necesidad de una amplificación posterior

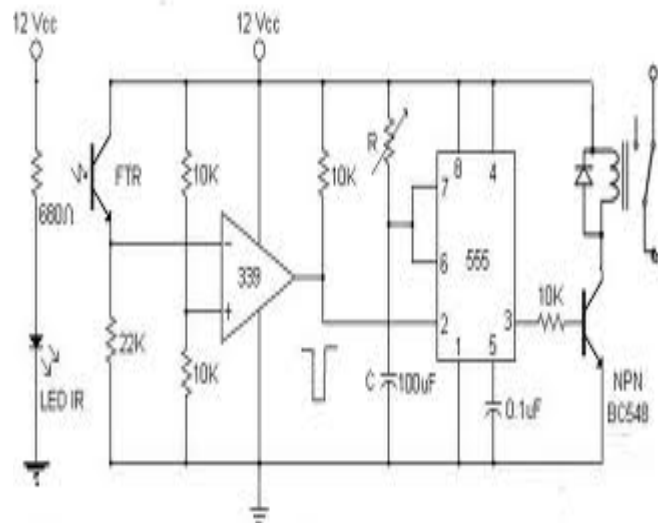
Una forma de prepararlo para las superficies a detectar es usando un comparador, es necesario porque la luz ambiente influye también en la lectura y el paso de blanco a oscuro debe hacer se teniendo en cuenta este factor , un circuito en el que se emplea un comparador referido a una tensión de referencia fijada por el potenciómetro que se muestra en la figura 2-14.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-14. Fototransistor como señal variable a la entrada de un comparador

Para complementar el circuito anterior (figura 2.14), se puede instalar un circuito integrado configurado como monoestable que a la vez controla la bobina de un relé, consiguiendo aislar aún más las etapas de adquisición de señales cuyo circuito se muestra en la figura 2.15.

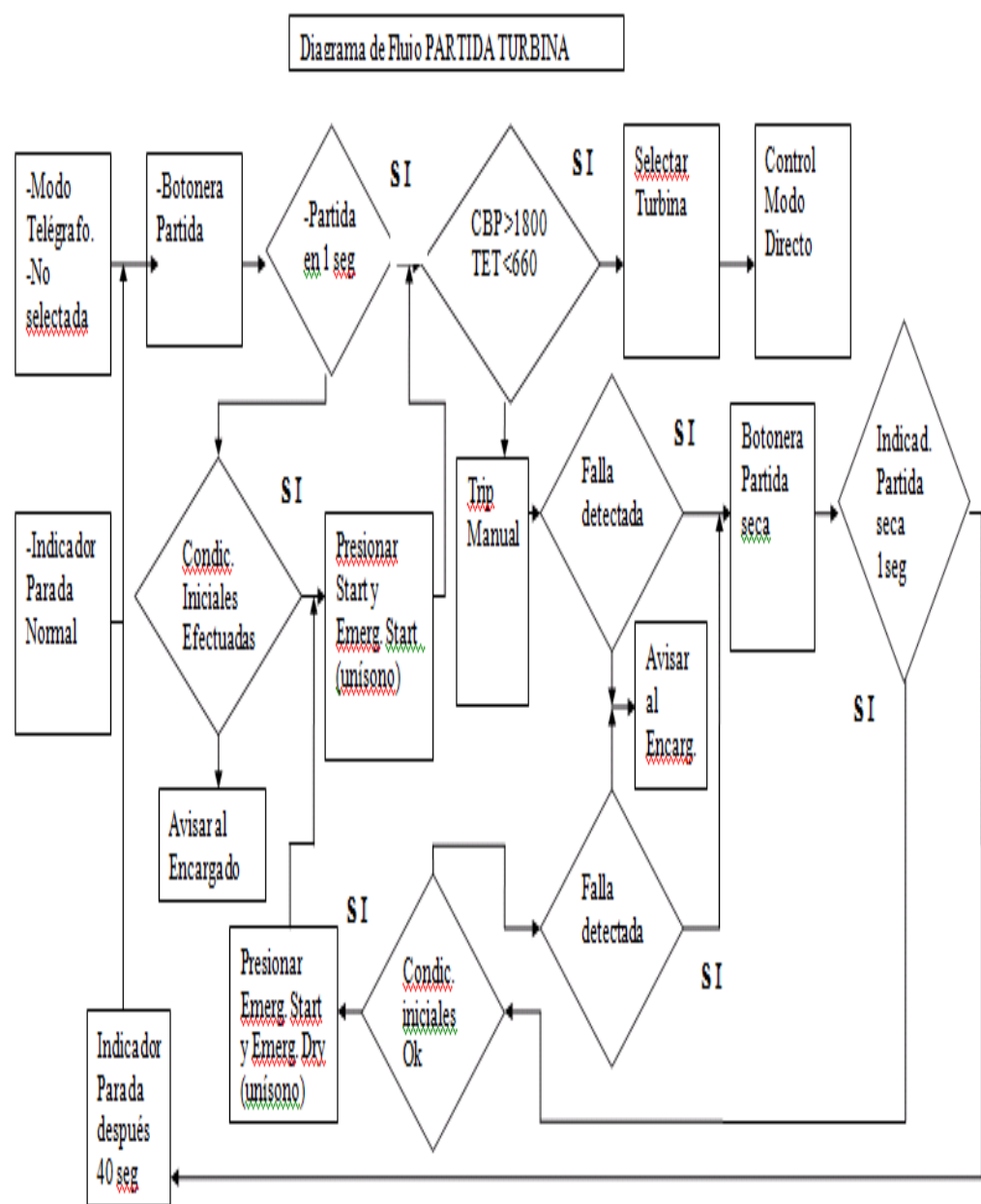


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-15. Complemento del circuito comparador, integrado 555 y relé

2.8. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PROPULSORA

El presente diagrama de flujo, figura 2-16, representa la partida y parada de las turbinas a gas y otras acciones de la planta propulsora, que a partir de esta secuencia, se define el programa a desarrollar, sin embargo, el objetivo del trabajo no es controlar un proceso continuo ininterrumpido, sino, que busca representar los diferentes cambios de las variables que se producen por la interacción entre la planta que está funcionando y el operador.



2.9. PANTALLA SUPERVISORA DEL PROCESO

En la pantalla del computador, se representarán las variables más características del proceso, del mismo contexto y en los tiempos que se presentan en el tablero original, de manera que las respuesta a los estímulos sea interpretada y evaluada de la misma forma, y que al optar por una acción de estímulo por parte del operador en que tenga que resolver con una decisión, sea coincidente en ambos puntos.

La estructura modelada en la pantalla del computador, es una interfaz gráfica que permite supervisar la planta propulsora **con menor grado de dificultad para la comprensión**, acercándose a los esquemas teóricos adquiridos por parte de los principiantes en las salas de clases, siendo estos cambios los más significativos en el desarrollo del proceso, transformándose en una inspección de gran nivel, que permite **mejorar el aprendizaje con el apoyo de la tecnología**, sumándose también el gran apoyo que le significa a los operadores experimentados con el simulador, quienes sin duda con esta concentración de datos gráficos, potenciarán la toma de decisión ante la resolución de problemas.

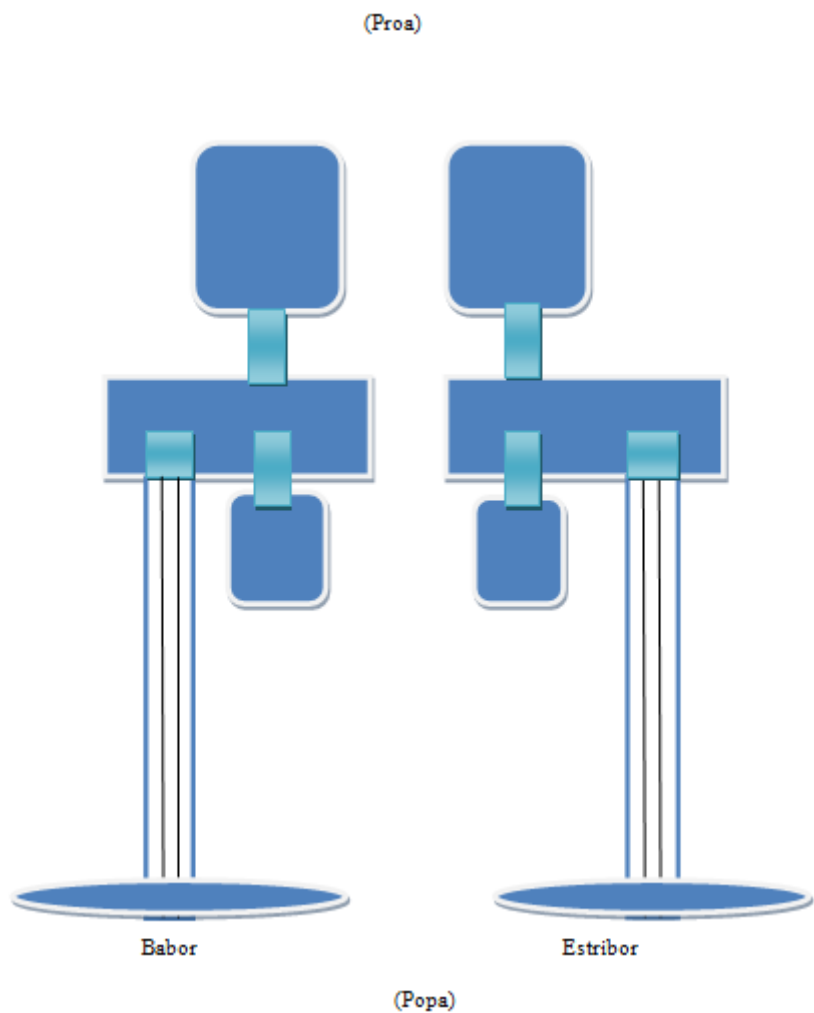
2.9.1. Componentes que se representarán en la pantalla

Básicamente la maquinaria principal involucrada en la línea de ejes, tanto de babor como de estribor, conformándose con los siguientes componentes:

- Turbina de potencia, *Olympus* (Oly.)
- Turbina de crucero, *Tyne* (Ty.)
- Copla sincrónica de la turbina *Olympus*
- Copla sincrónica de la turbina *Tyne*
- Caja de engranajes
- Freno de la línea de eje
- Eje y hélice
- Orden de velocidad a las máquinas
- Ángulo en grados de la posición de la pala
- Modo operativo (Computador en servicio control de turbinas)
- Modo no operativo (computador inhibido)
- Selección de turbinas
- Emergencia despacio
- Emergencia para
- *Trip* a las turbinas

Los esquemas están formados por un color fijo de color azul y celeste, más varias zonas activas que cambiarán dinámicamente a colores preestablecidos de color verde de diferente tonalidad, que representará el cambio de estado, cuyo significado permitirá distinguir una maquinaria del estado “fuera de servicio” (*off*), a un estado “en servicio” (*on*), y visualizar aquellos elementos que tengan un movimiento permanente con figuras dinámicas, además representar las variadas órdenes del operador que permiten cambios en la misma.

La figura 2-17, muestra la representación general de la línea de eje de babor y estribor, esquema aproximado a una instalación real.



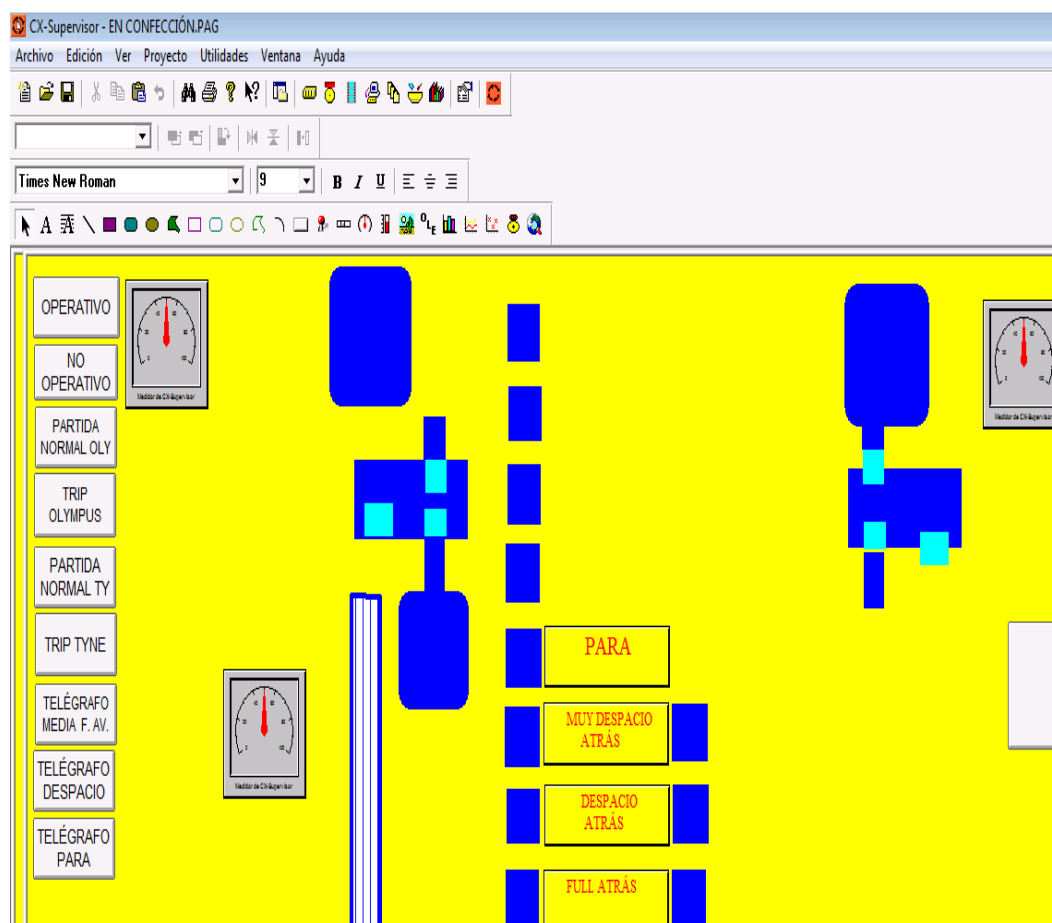
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-17. Esquema general de líneas de eje de babor y estribor

Una secuencia normal de las acciones desarrolladas en el proceso de la planta, descansa en la monitorización de la pantalla del computador, que supervisada con los conocimientos adecuados, permiten acciones correctivas de gran valor, lo que indica la importancia de entender el proceso que nos guía para tomar las mejores decisiones, garantizando la calidad del proceso, convirtiéndose el operador en una pieza clave de dicha preparación, verificando, procesando y corrigiendo las alteraciones repentinas que se llagasen a presentar.

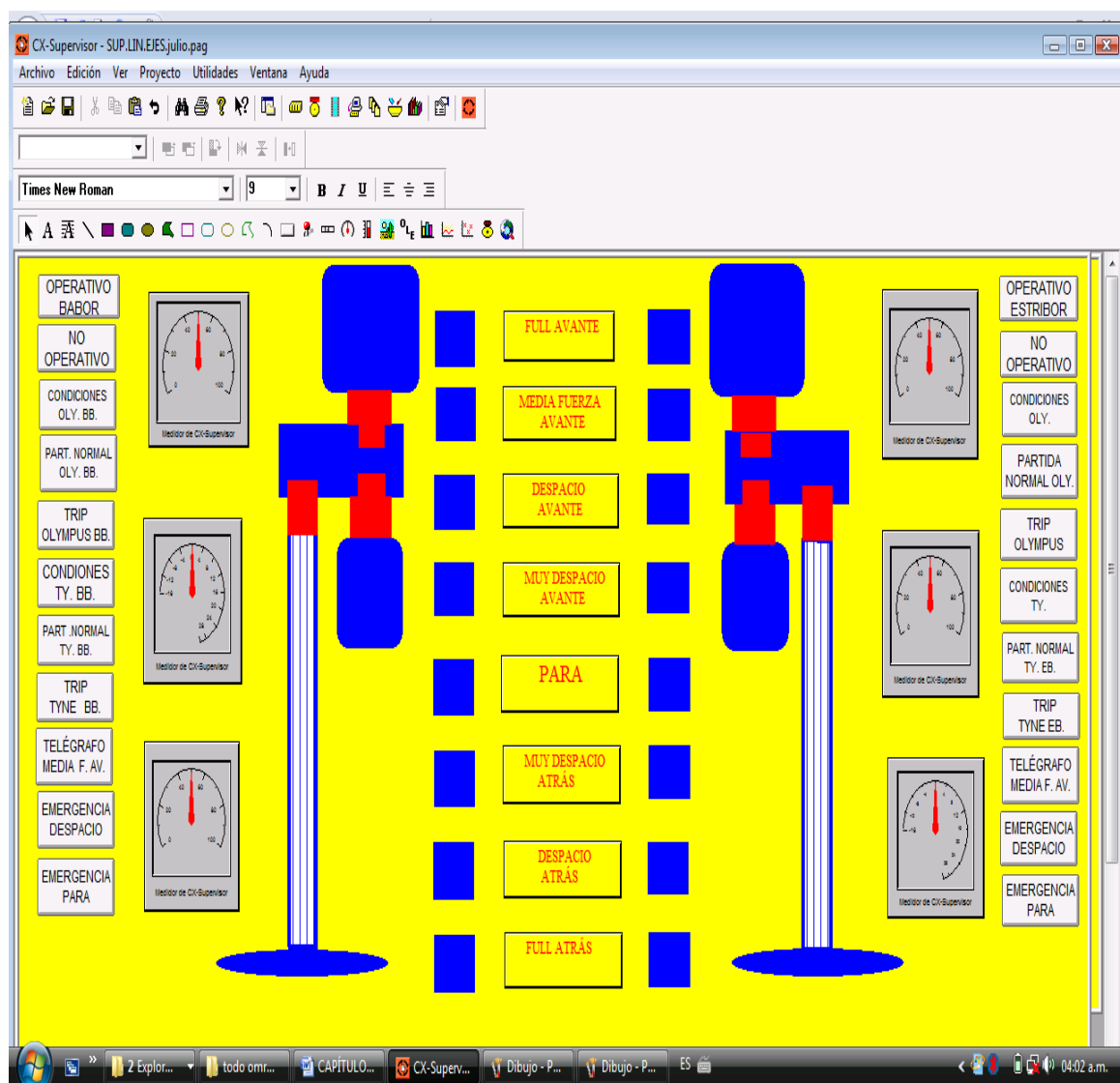
La monitorización del proceso permite detectar tempranamente cualquier perturbación que se presente, así mismo, tener la capacidad de resolver cualquier problema en el menor tiempo posible con una buena decisión, la que debe estar apoyada por el conocimiento del operador y asociado a un entrenamiento práctico en la cual se instruya con procedimientos regulados, otorgando de esta forma una gran capacidad de respuesta de todos los operadores.

La figura 2-18 y 2-19, muestran la configuración en confección y la configuración terminada respectivamente confeccionado con el programa CX-Supervisor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-18. Diagrama en confección en el programa CX-Supervisor



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-19. Diagrama terminado en el programa *CX-Supervisor*

2.10. ORDENADOR CENTRAL

Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información proporcionado por el PLC.

Este ordenador representará la unidad terminal maestra (UTM), convirtiéndose en un sistema de supervisión y adquisición de datos que supervisará los cambios más importantes de la planta.

Las funciones principales de este terminal serán:

Actuar como interface al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real

Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador la funciones de supervisión de la planta.

El proceso a supervisar se representa mediante gráficos dinámicos almacenados en el computador y generados desde el editor incorporado en el SCADA, *CX-Supervisor*.

2.11. TABLA COMPARATIVA

En la siguiente tabla 2-8, se puede encontrar una tabla comparativa entre los *software* más importante actualmente existente en el mercado (*CX-Supervisor*, *All-Done*, *Intouch*, *Win CC* y *Vijeo Look*). A modo de diferenciación entre un sistema y otro, las características de más relevancia son los drivers utilizados para la conexión con el PLC, el número de variables del proceso, la estructura sobre la que recorre el sistema, y la comunicación con el Programador Lógico Programable.

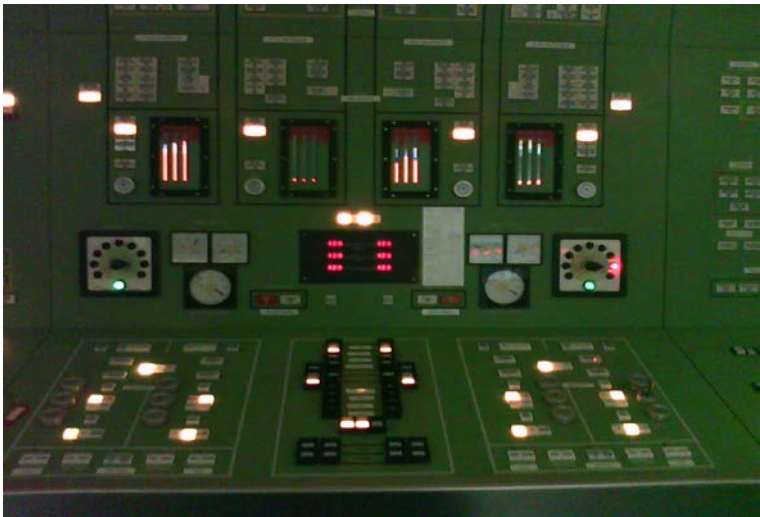
Tabla 2-8. Comparación de distintos *software*

SOFTWARE	CX SUPERVISOR	ALL DONE	IN TOUCH	VIJEO LOOK	WIN CC
FABRICANTE	Omron	Freixas i Ros S.l.	Wonderware	Schneider Electric	Siemens
REQUISITOS	Windows 2000/NT 4.0 (Service Pack 5) IBM PC o compatible (200Mhz pentium o superior) Espacio libre de disco duro 100MB 128MB RAM SVGA 1024x768	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III/IV, AMD Athlon Disco duro 20GB, 128MB RAM Tarjeta SVGA 1024x768 de resolución	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III o superior Espacio libre de disco duro 2GB 512MB RAM	Windows 2000/XP Profesional procesador: Celeron 500Mhz...1.8 Ghz RAM: 256MB,,1024 MB Espacio libre del disco duro 4GB SVGA 1024x768 de resolución	Windows 95/98 i Windows NT4.0/2000 de microsoft CPU INTEL Pentium II 400 MHz RAM 128MB Resolución 1024 x 768 Espacio disponible: > 500 MB
Drivers para PLC's	OMRON: todo los PLC's	OMRON: Sysmac serie C MOELLER: PS4-200 SIEMENS: simatic S5,S7-200/300/400 TELEMECANIQUE: unitelway otros ...	ALLENBRADLEY SIEMENS MODICON OPTO 22 SQUARE D OMRON otros...	TELEMECANIQUE AEG MODICON MODICON SQUARE D	SIMATIC ALLEN-BRADLEY MITSUBISHI FETELEMECANIQUE UNI-TELWAY GE- FANUC MODICON OMRON serie C otros...
Precio (euros)	600	1000-4000			
COMUNICACIÓN CON PLC	RS-232C RS-422 Ethernet	UDP sobre Ethernet	DEVICE-Net PPI/MPI Profibus RS-232, RS-485	Uni-Telway o Modbus sobre RS-232 o RS-485; TCP/IP sobre Ethernet	Profibus TCP/IP Bus-SIPART Canal-DLL Modbus

Fuente: Manual Omron

2.12. COMPARACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES

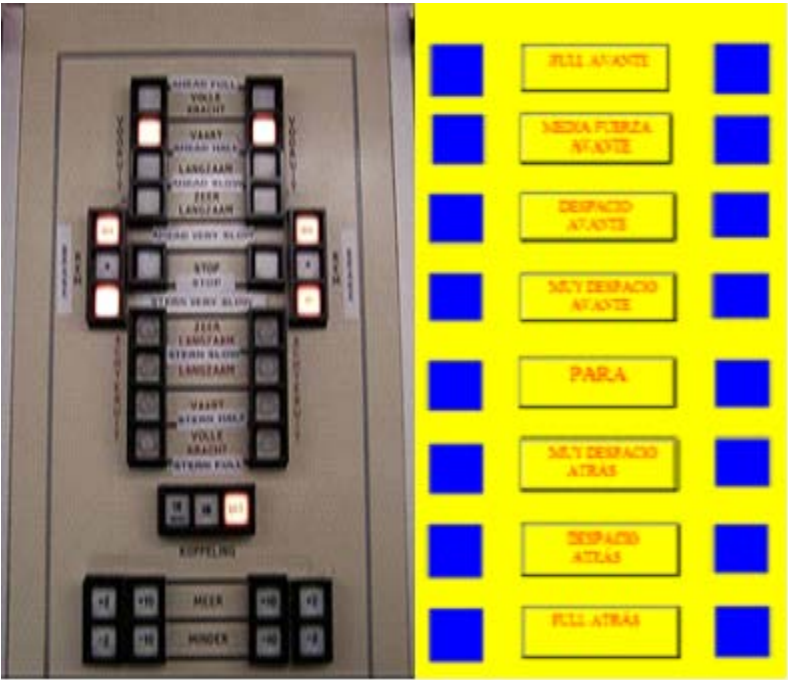
En la figura 2-20 se representa el tablero de control actual, con sus indicadores y controles que gobiernan la planta propulsora.



Fuente: Elaboración propia

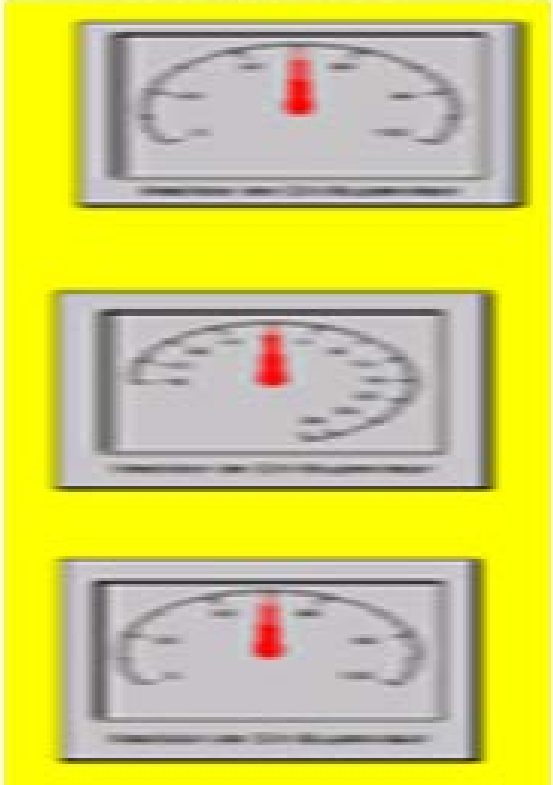
Figura 2-20. Configuración del tablero de control actual

En las figuras 2-21, 2-22 y 2-23, se pueden apreciar la comparaciones de las configuraciones tanto reales como virtuales y que deben interactuar en la etapa de operación.



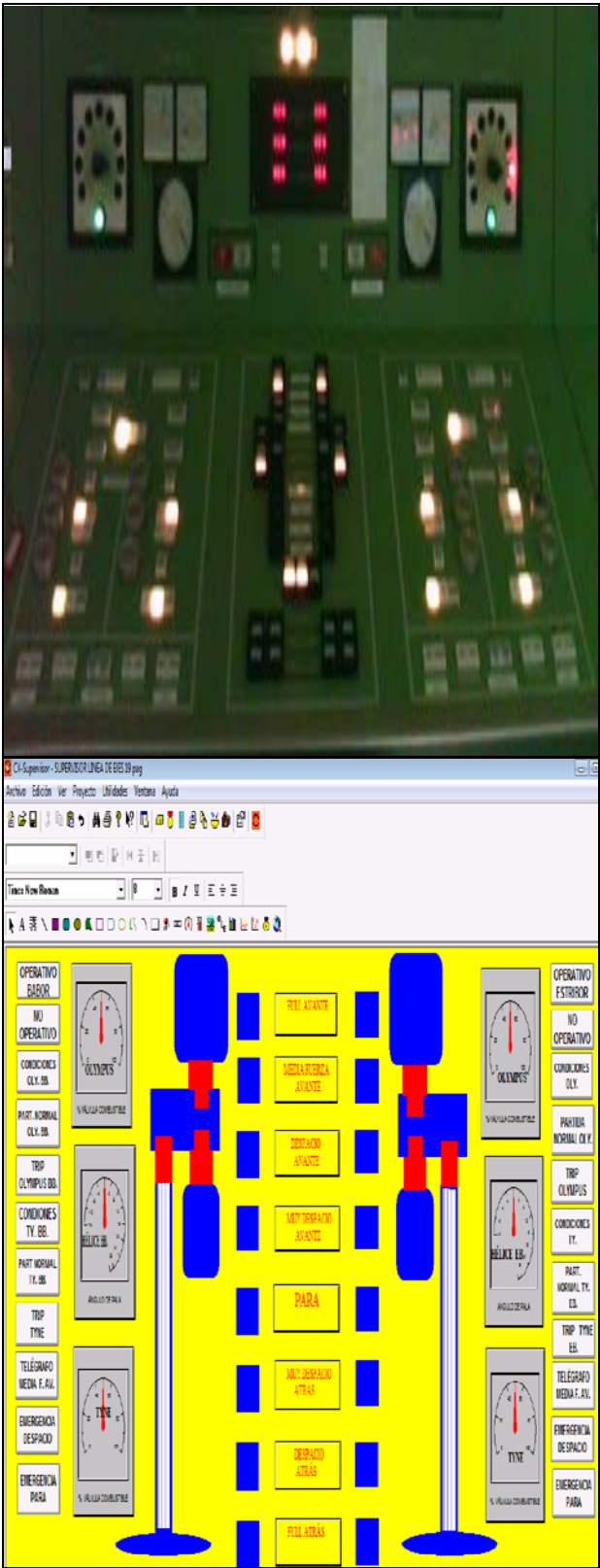
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Comparación de orden de velocidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22. Indicador de apertura válvula de combustible ambas turbinas e indicador ángulo de pala



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23. Indicadores principales del tablero de control

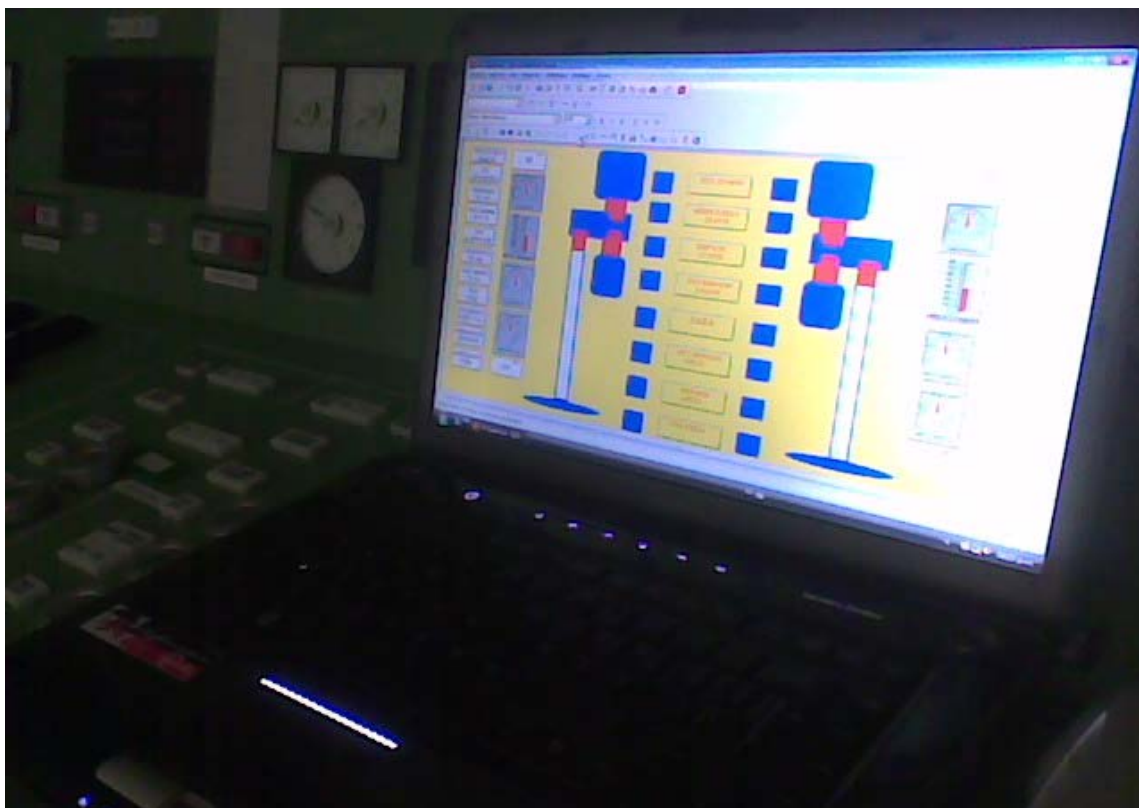
2.12.1. Contraste de las configuraciones

En las siguientes figuras 2-24 y 2-25, se puede apreciar de fondo la instalación actual del tablero de control con respecto a la representación que se quiere diseñar en pantalla del computador como el diagrama a proyectar, con un esquema que se identifica con la instalación real de la maquinaria.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-24. Diagrama a proyectar 1



Fuente: Elaboración propia

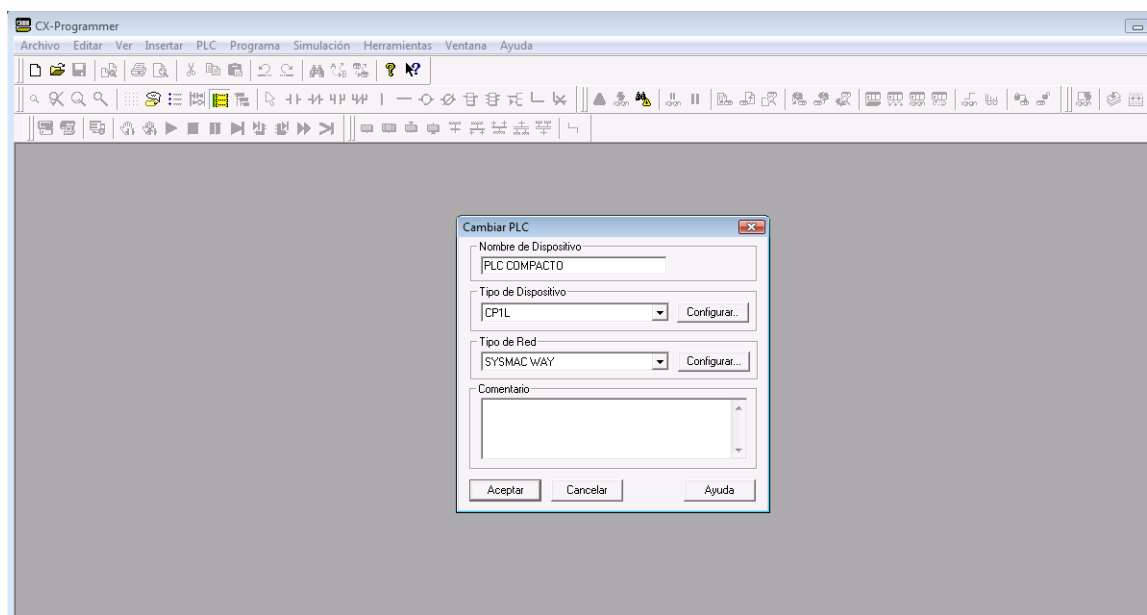
Figura 2-25. Diagrama a proyectar 2

2.13. EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN UTILIZANDO CX-PROGRAMMER

Este programa permite la programación de todos los módulos Control Lógico Programable (PLC) de Omron, hasta la nueva generación de la alta gama de la serie CS, el cual con sus facultades permite proyectar un sistema de automatización.

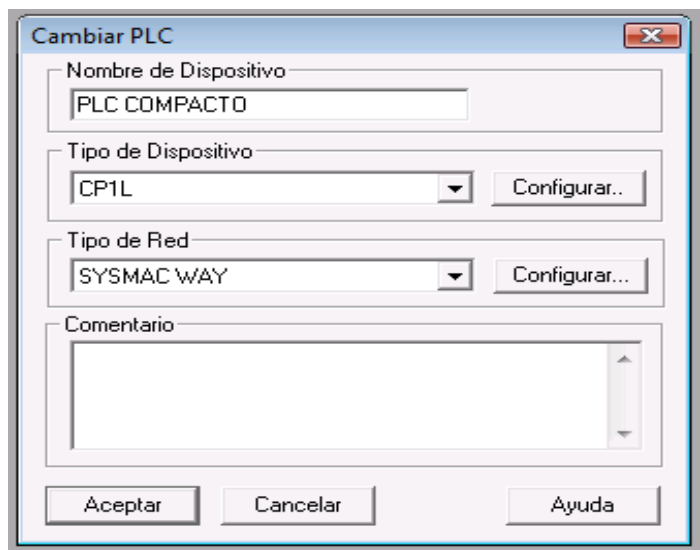
2.13.1. Creación de un nuevo proyecto

Se debe constatar una buena comunicación entre la elección de un PLC y una red de comunicaciones, creando de esta forma un nuevo proyecto en el sistema. La comunicación entre el PLC y el PC se configura desde la barra de herramienta, “**Archivo/Nuevo**”, cuyas ventanas se muestran en las figuras 2-26 y 2-27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-26. Creación de un nuevo programa, archivo/nuevo

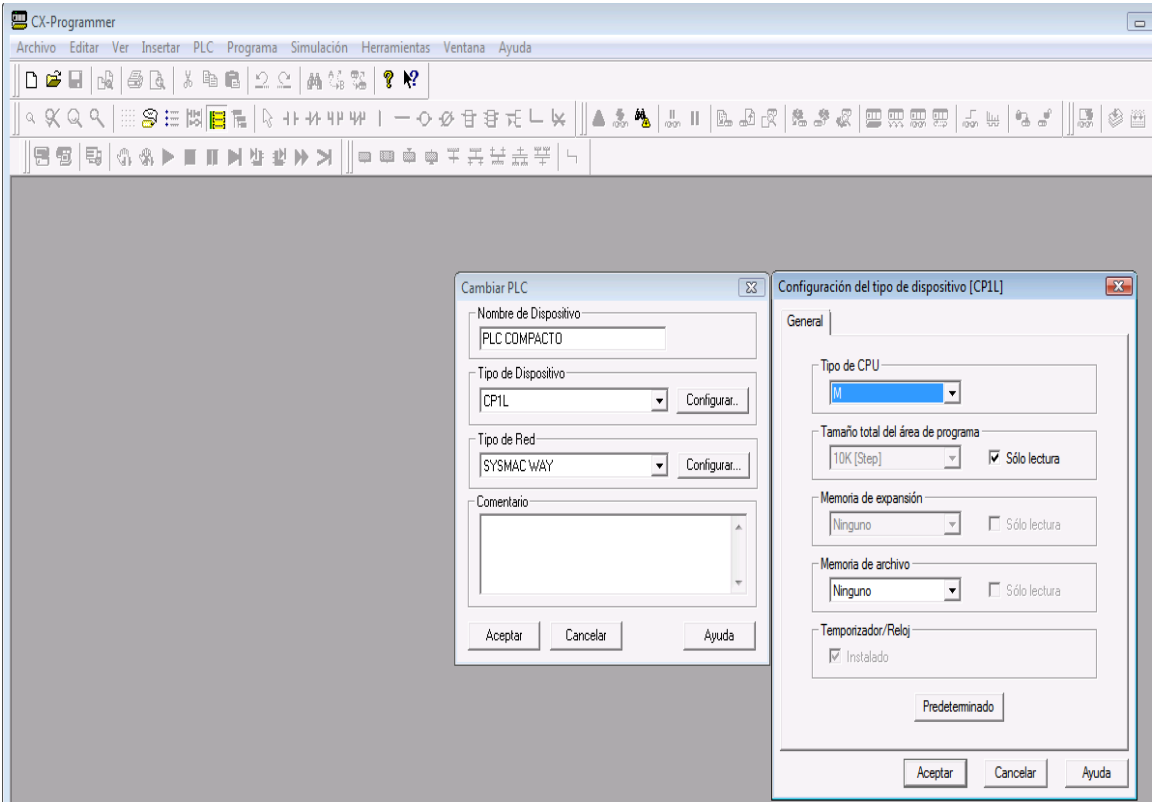


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27. Configuración del PLC y red

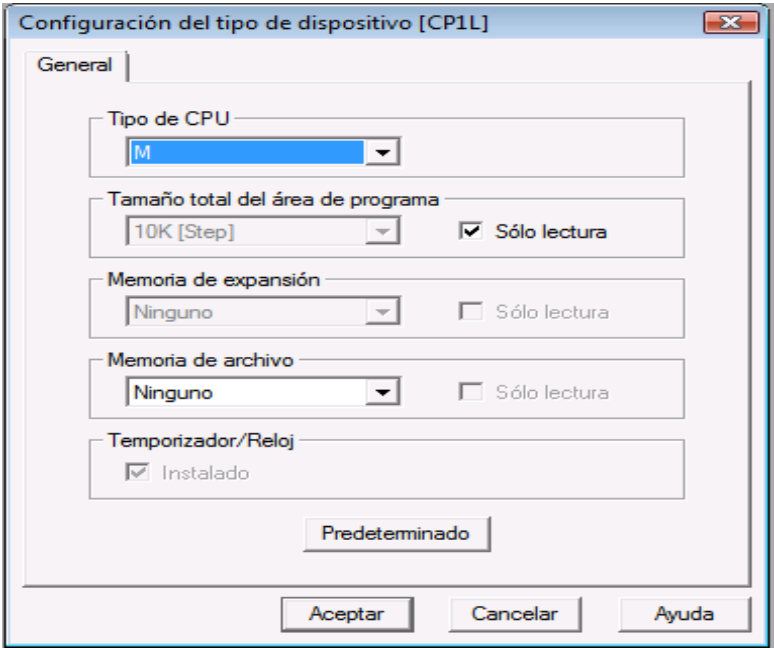
En este caso en la opción “Nombre del Dispositivo” se caracterizó de acuerdo a la serie Omron “PLC COMPACTO”.

En las figuras 2-28 y 2-29, se presenta la opción del “Tipo de Dispositivo”, se especifica el PLC seleccionado, en este caso es el PLC “CP1L”, y en “Configurar” del mismo se selecciona un dispositivo Tipo M de 40 puntos, de los cuales son 26 entradas y 16 salidas de cada módulo de expansión.



Fuente: Elaboración propia

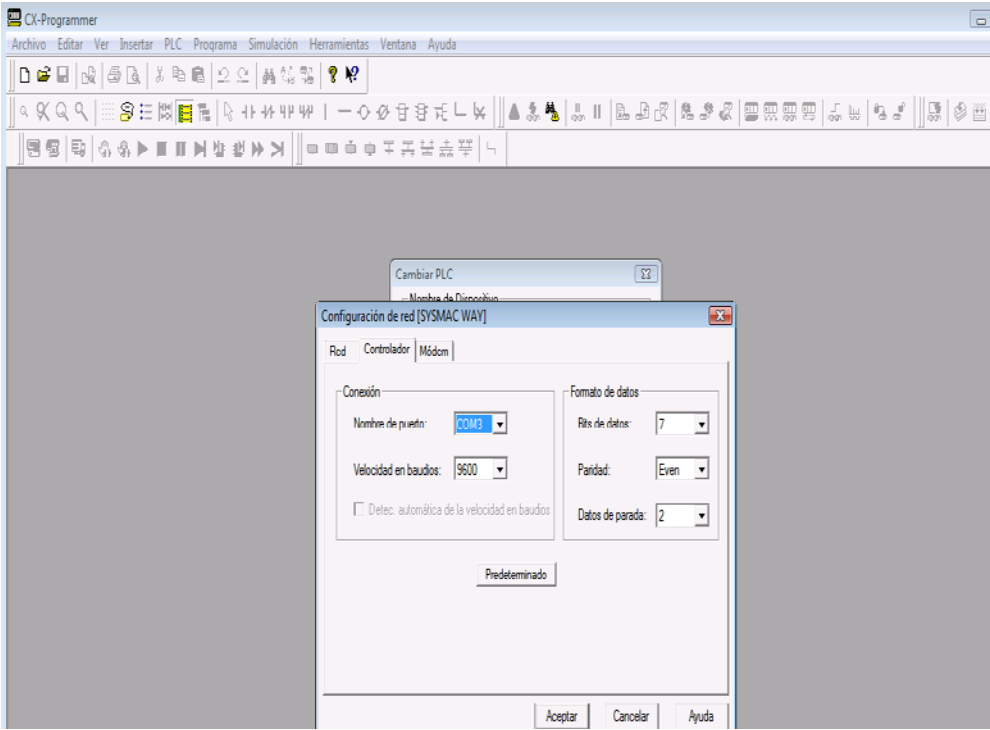
Figura 2-28. Configuración del tipo de dispositivo



Fuente: Elaboración propia

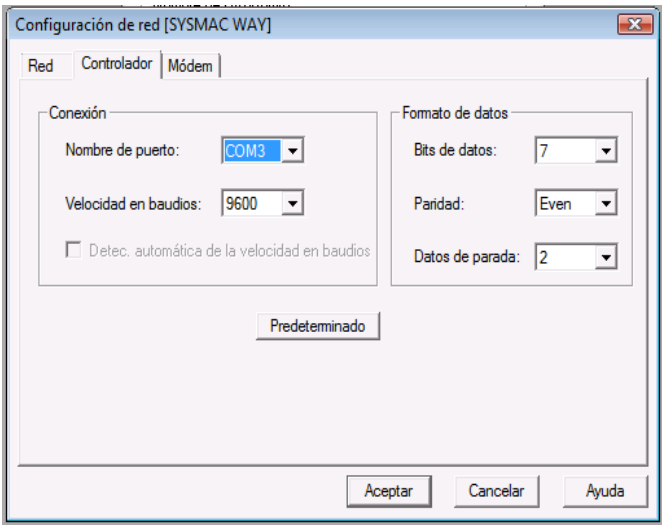
Figura 2-29. Configuración del tipo de dispositivo CP1l, CPU tipo M

En las figura 2-30 y 2-31, se encuentra la opción “Configuración de Red” se determina el tipo de comunicación que debe existir entre el PLC y el PC, por consiguiente, se selecciona una comunicación SYSMAC WAY, y se determina la velocidad de transferencia y el puerto de comunicación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-30. Configuración de red

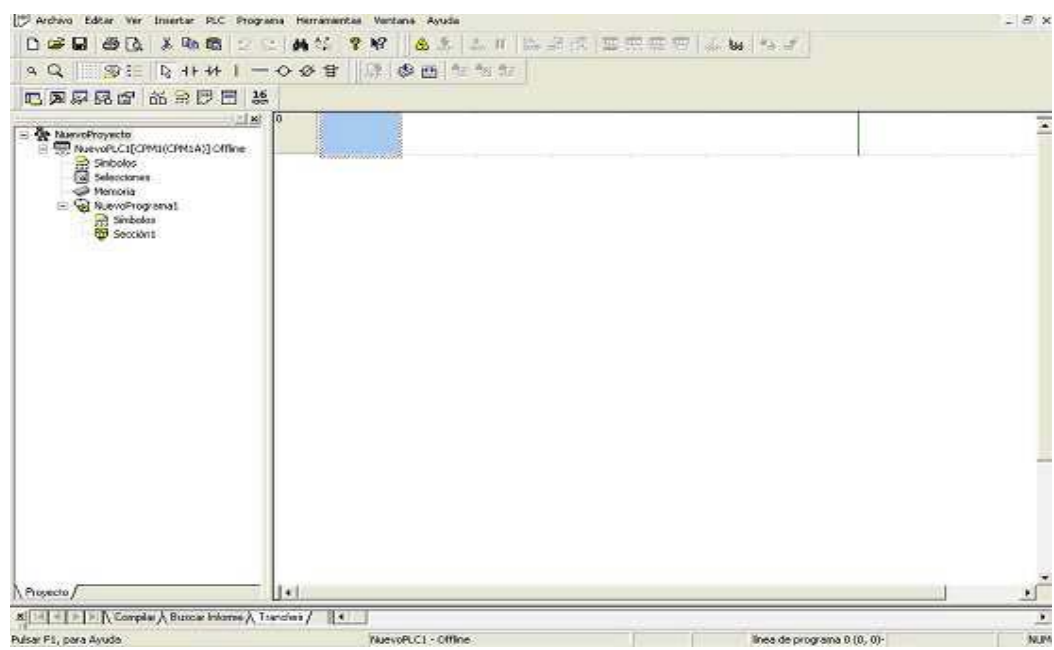


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-31. Configuración de red y puerto

2.13.2. Programación

Después de configurar el área del proyecto se programa en el área de trabajo, denominado también como “Editor de diagrama de relé”, dicho esquema se representa en la figura 2-32.



Fuente: Elaboración propia

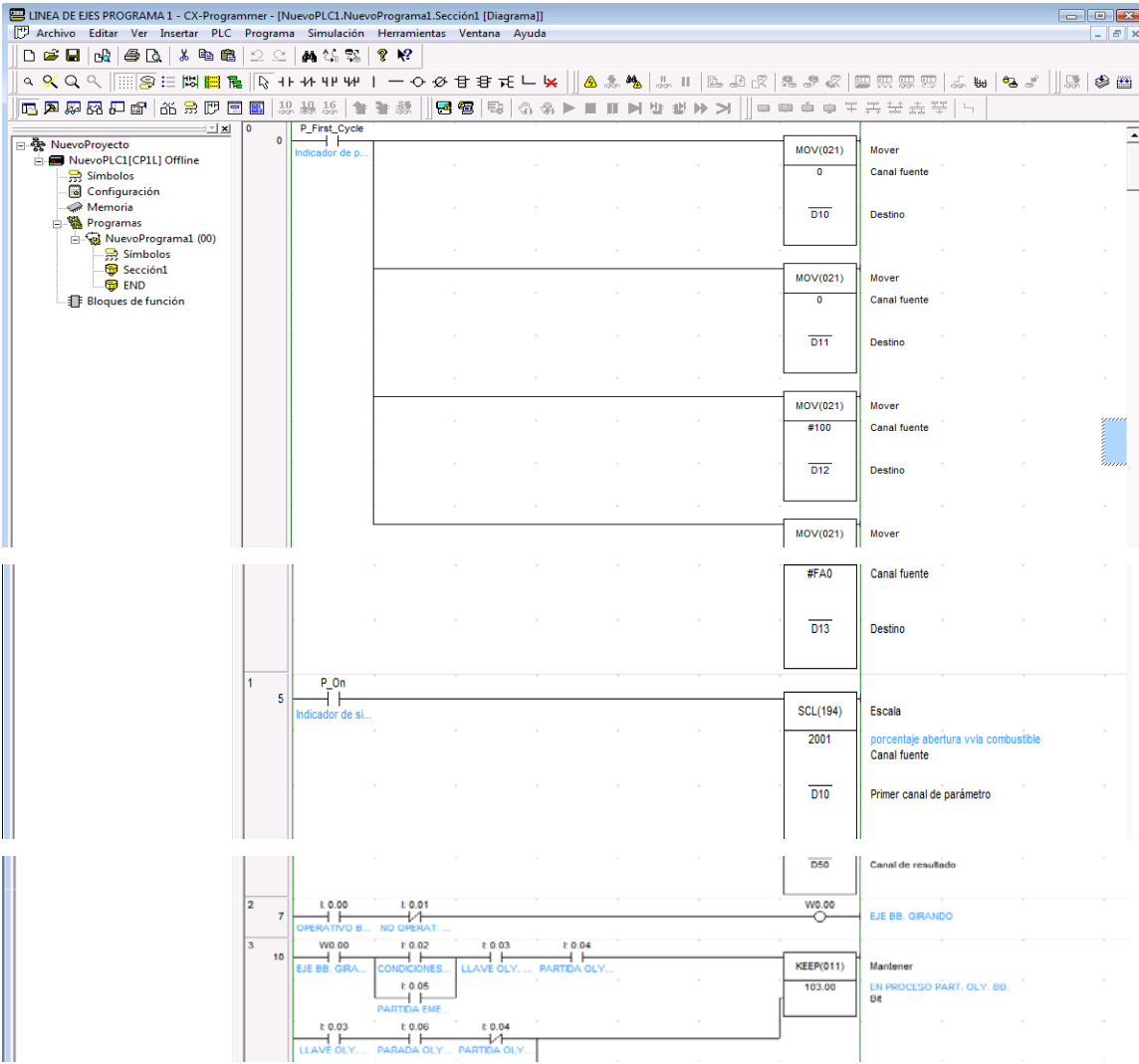
Figura 2-32. Editor de programa de relé o área de trabajo de *CX-Programmer*

En el área de trabajo se destaca por tener una línea vertical ubicada a la izquierda llamada “Barra de Bus”, y otra compuesta por líneas paralelas que se llaman “Líneas de Instrucción”, en las cuales se disponen los relés que corresponden a un estado de la lógica de programación a determinar.

Estos contactos se le asigna una dirección, ya sea una entrada analógica que se representa por los bit comprendidos entre el 0.00 al 0.11, y las salidas representadas por los bits desde el 10.00 al 10.07 y los demás bits corresponden a variables de memorias internas del PLC.

En base a un diagrama de flujo tradicional o un Sistema *Grafset*, se puede determinar de mejor forma la programación de los estados de las variables y secuencia de estas en la cual se debe asignar las entradas y salidas.

La siguiente figura 2-33, muestra un programa en el área de trabajo vinculado al control de la propulsión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-33. Ejemplo de programación en el área de trabajo del *CX-Programmer*

2.13.2.1.Modo On-Line

El modo *On-Line* permite establecer la comunicación con el PLC. Para entrar

en modo *On-Line* seleccionar el ícono:



2.13.2.2.Transferencia del programa

Una vez realizada la comunicación con el PLC mediante el modo *On-Line* se debe transferir el programa creado con el diagrama de relés al PLC.

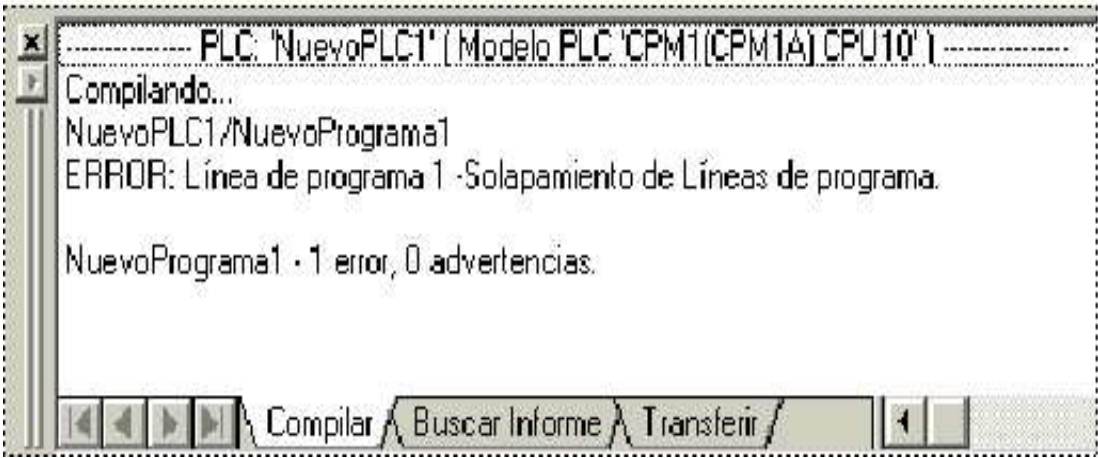
Para tal efecto, tenemos que seleccionar el ícono:



2.13.2.3. Revisión del programa

La revisión del programa se lleva a efecto durante la compilación, en donde se podrán constatar los posibles errores, ventana que lo grafica la figura 2-34.

Haciendo doble clic sobre el error, el cursor se posiciona en rojo sobre la instrucción o parte del programa que tiene el error. Es importante saber que la compilación se realiza automáticamente antes de hacer una transferencia al PLC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-34. Ventana de errores del programa

2.13.3. Modo de operación

Una vez transferido el programa se puede trabajar en dos modos:

- Modo *monitor*
- Modo *run*

2.13.3.1. Modo monitor

En el Modo *monitor*, aún cuando el PLC esté en ejecución y las entradas y salidas estén activas, es posible escribir desde el computador hacia la memoria del PLC, de cuyas tareas se pueden destacar las siguientes:

- Cambiar datos en todas las áreas de la memoria.
- Forzar bits a estados abiertos o cerrados.
- Cambiar valores de contadores y temporizadores.



Para tal efecto, tenemos que seleccionar el ícono:

2.13.3.2. Modo run

En el Modo *run* el PLC ejecuta el programa, sin embargo, no permite que acciones sobre el mismo, con la salvedad que puede leer la memoria.



Para tal efecto, tenemos que seleccionar el ícono:

2.13.4. Software SCADA CX-Supervisor

CX-Supervisor es el *software* de supervisión para sistemas SCADA de la casa Omron, cuya programación es en un entorno *windows* que da lugar a la configuración del proceso que se quiere proyectar en forma intuitiva.

2.13.4.1. Características y funciones

Las ventanas ayudan a configurar las entradas y salidas y las funciones que tienen los distintos objetos que se configuran en la pantalla.

2.13.4.2. Objetos y animaciones

Con las librerías de objetos se configura la pantalla, los cuales se animan con el “Editor de Animaciones”.

2.13.4.3. Vinculación de los objetos y puntos

Una vez realizado el esquema del proceso de la planta propulsora con los objetos seleccionados, se vinculan los distintos elementos a las marcas y salidas del PLC mediante la barra de herramienta “Editor de puntos”, los cuales son los puntos que queremos visualizar del proceso.

En los siguientes pasos se mostrará el procedimiento para la vinculación de puntos, en la cual se representará específicamente la vinculación de la puesta en servicio de la turbina Olympus de babor representado por la figura 2-35.

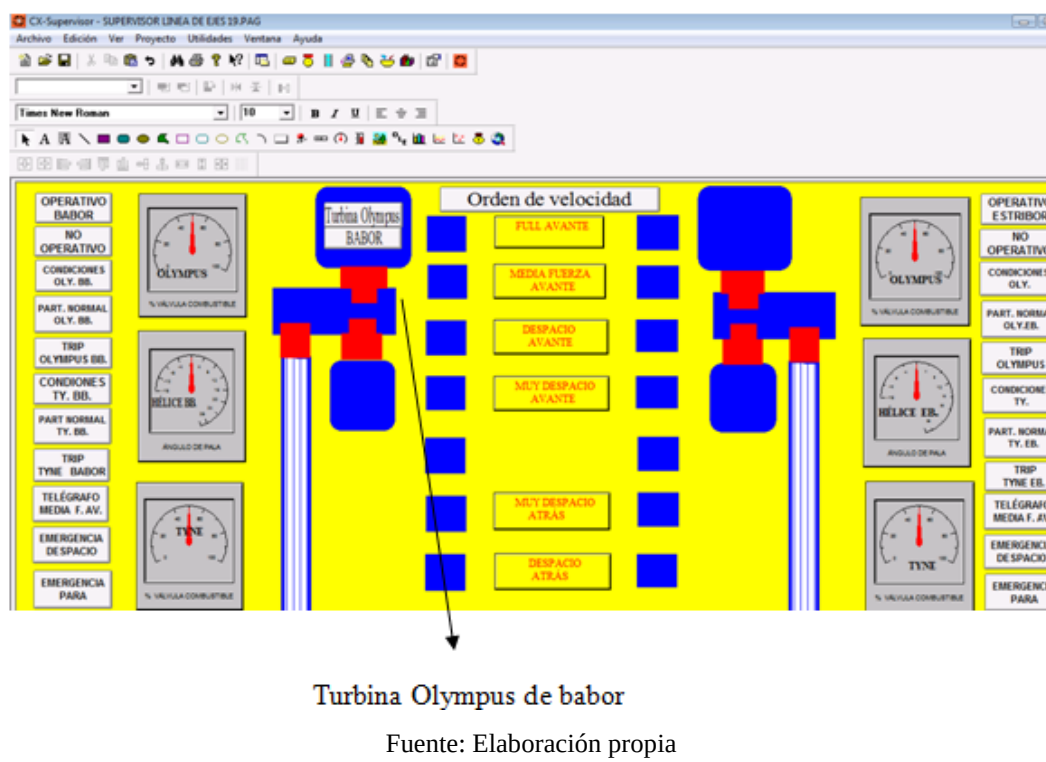


Figura 2-35. Vinculación del objeto y dirección del programa

Para crear el punto específico se hace clic sobre el siguiente ícono, Editor de puntos”, en cuya ventana aparecerá un listado que corresponde al programa por defecto.



Posteriormente haciendo doble clic sobre el ícono, , aparecerá una nueva ventana, “Modificar punto”, en la cual se configurará para vincularlo al objeto.

- Nombre del punto: Turbina *Olympus*_Bb
- Descripción: En servicio turbina Olympus de babor
- Tipo de puntos: Booleano
- Atributo de punto: Estado 0, *Off*
- Tipo de E/S: Entrada
- Frecuencia de actualización: 50 Milisegundos
- Atributo de E/S: PLC

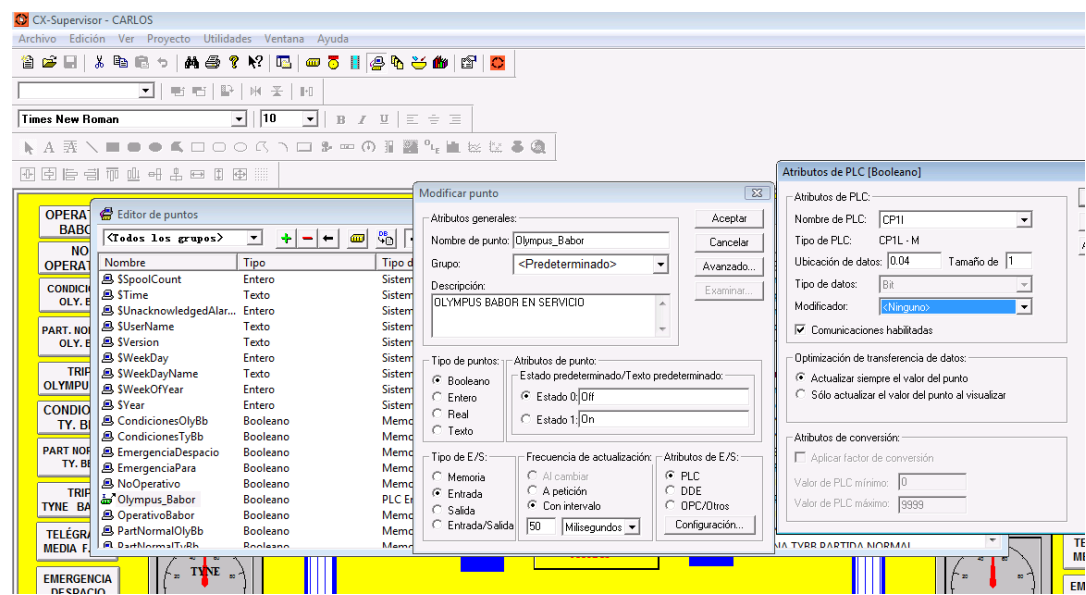
Posteriormente se efectúa clic en “Configuración” para configurar la ventana “Atributos de PLC [Booleano]”.

- Nombre de PLC: CP11
- Tipo de PLC: CPL11-M

Ubicación de datos: 0.04

Comunicaciones habilitadas: Ok

Optimización de transferencia de datos: Ok, (Actualizar siempre el valor del punto)



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-36. Ventanas, editor de puntos, agregar punto y tributos de PLC

Teniendo configuradas las ventanas de la figura 2-36 procedemos a efectuar clic en “Aceptar” en ventana “Atributos de PLC [Booleano]” y en ventana “Modificar punto” y obtendremos la vinculación del objeto con su respectiva dirección del programa en el PLC determinado, lo que se puede representar en la figura 2-37.

Nombre	Tipo de datos	Dirección / Valor	Ubicación d...	Uso	Comentario
OPERA...	BOOL	0.00		Trab...	OPERATIVO BAVOR
NO OPERAT...	BOOL	0.01		Trab...	NO OPERAT. BB.
CONDICIONES OLY. BB.	BOOL	0.02		Trab...	CONDICIONES OLY. BB.
LLAVE OLY. BB.	BOOL	0.03		Trab...	LLAVE OLY. BB.
PARTIDA OLY. BB.	BOOL	0.04		Trab...	PARTIDA OLY. BB.
PARTIDA EMERG. OLY.	BOOL	0.05		Trab...	PARTIDA EMERG. OLY.
PARADA OLY. BB.	BOOL	0.06		Trab...	PARADA OLY. BB.
TRIP OLY. BB.	BOOL	0.07		Trab...	TRIP OLY. BB.
PARTIDA NORM. OLY. BB.	BOOL	0.08		Trab...	PARTIDA NORM. OLY. BB.
CONDICIONES TY. BB.	BOOL	0.09		Trab...	CONDICIONES TY. BB.
LLAVE TY. BB.	BOOL	0.10		Trab...	LLAVE TY. BB.
PARTIDA TY. BB.	BOOL	0.11		Trab...	PARTIDA TY. BB.
PARTIDA EMERG. TY. BB.	BOOL	0.12		Trab...	PARTIDA EMERG. TY. BB.
PARADA OLY. BB.	BOOL	0.13		Trab...	PARADA OLY. BB.
TRIP TY. BB.	BOOL	0.14		Trab...	TRIP TY. BB.
PARTIDA NORM. TY. BB.	BOOL	0.15		Trab...	PARTIDA NORM. TY. BB.
SIST. OPERATIVO BB.	BOOL	1.00		Trab...	SIST. OPERATIVO BB.
NO OPERAT. EB.	BOOL	1.01		Trab...	NO OPERAT. EB.
CONDICIONES OLY. EB.	BOOL	1.02		Trab...	CONDICIONES OLY. EB.
LLAVE OLY. EB.	BOOL	1.03		Trab...	LLAVE OLY. EB.
PARTIDA OLY. EB.	BOOL	1.04		Trab...	PARTIDA OLY. EB.
PARTIDA EMERG. OLY. EB.	BOOL	1.05		Trab...	PARTIDA EMERG. OLY. EB.
PARADA OLY. EB.	BOOL	1.06		Trab...	PARADA OLY. EB.
TRIP OLY. EB.	BOOL	1.07		Trab...	TRIP OLY. EB.
PARTIDA NORM. OLY. EB.	BOOL	1.08		Trab...	PARTIDA NORM. OLY. EB.
CONDICIONES TY. EB.	BOOL	1.09		Trab...	CONDICIONES TY. EB.
LLAVE TY. EB.	BOOL	1.10		Trab...	LLAVE TY. EB.

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-37. Direcciones en el programa *CX- Programmer*

Nombre	Tipo	Tipo de E/S	Dirección	Tipo de datos	Descripción
\$ShortWeekDayName	Texto	Sistema			Nombre abreviado del día de la semana (...)
\$ShortYear	Entero	Sistema			Año abreviado (p. ej., 95)
\$SpoolCount	Entero	Sistema			Número de mensajes de alarmas enviado...
\$Time	Texto	Sistema			Hora (p. ej., 09:46)
\$UnacknowledgedAlar...	Entero	Sistema			Número de alarmas no reconocidas
\$UserName	Texto	Sistema			Usuario actualmente conectado
\$Version	Texto	Sistema			Versión de CX-Supervisor
\$WeekDay	Entero	Sistema			Día de la semana (0 - Dom, 6 - Sáb)
\$WeekDayName	Texto	Sistema			Nombre del día de la semana (p. ej., miér...
\$WeekOfYear	Entero	Sistema			Número de la semana del año
\$Year	Entero	Sistema			Año (p. ej., 1995)
CondicionesOlyBb	Booleano	Memoria			TURBINA OLY. LISTA A PARTIR
CondicionesTyBb	Booleano	Memoria			TURBINA TY. LISTA A PARTIR
EmergenciaDespacio	Booleano	Memoria			EMERGENCIA EN EL SIST. D PROPULSIÓN ...
EmergenciaPara	Booleano	Memoria			CONTR. LOCAL, TURB.BB.F/S, ANG.=0, F...
NoOperativo	Booleano	Memoria			COMPUTADOR INHIBIDO
Olympus_Babor	Booleano	PLC Entrada	CP1[0.4]	Bit	OLYMPUS BAVOR EN SERVICIO
OperativoBabor	Booleano	Memoria			COMPUTADOR.EN.SERVICIO

Fuente: Elaboración propia

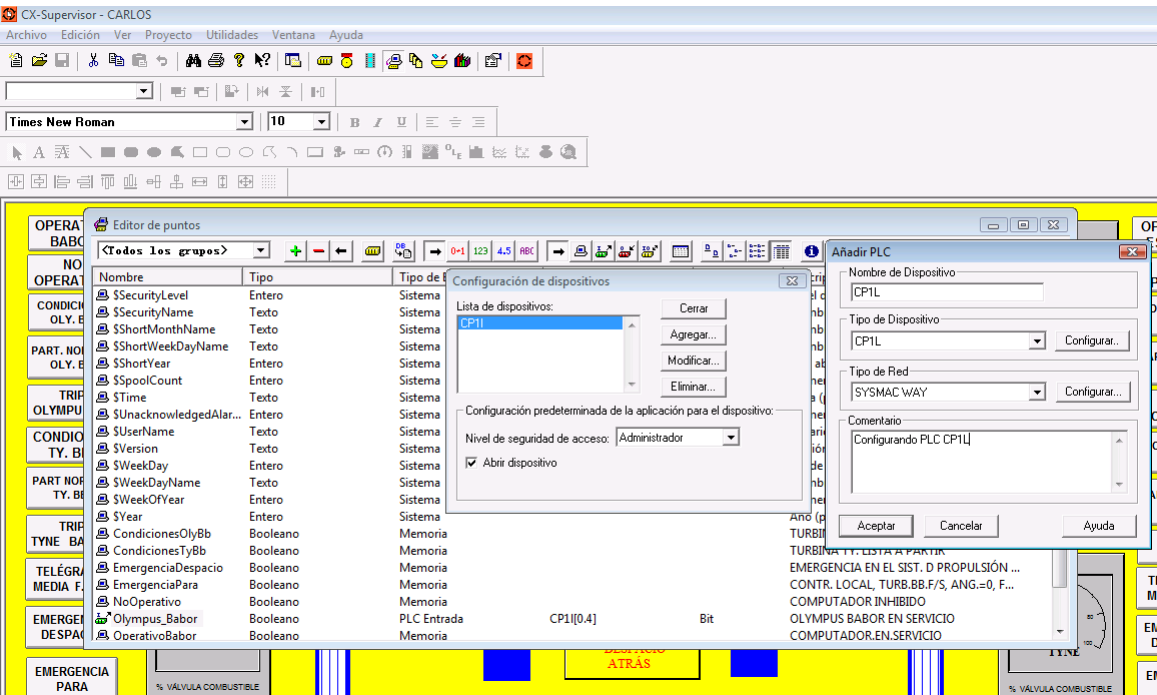
Figura 2-38. Dirección vinculada del programa *CX-Programmer* con el objeto del programa *CX-Supervisor*

La vinculación de los puntos se desarrolla en la ventana “Editor de puntos” representado en la figura 2-38, más en la ventana “Modificar punto”, el tipo de punto puede ser configurado como booleano, activado por flanco; entero o real, y obtener datos del objeto vinculado al programa el cual puede ser un contador, un temporizador, o una variable en la memoria del PLC.

Como experiencia se establece un tiempo de 50 milisegundos para permitir la visualización de los cambios de estado.

Mediante la configuración de atributos del PLC, se garantiza la vinculación a las direcciones de éste con el objeto especificado en el programa *CX-Supervisor*.

Existe otra forma de configurar el PLC, mediante el ícono , antes de comenzar a definir los puntos, mostrado en la figura 2-39.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-39. Configurando PLC mediante ícono  (Editor de puntos)

En este proyecto no se configuran los puntos de salida, cuya función es controlar el PLC desde la interfaz gráfica, siendo consecuente con el objetivo de usarlo solamente con fines de enseñar a los principiantes los cambios que se producen en los procesos de una planta propulsora, sin embargo, no está exento de proyectar esta función en las instalaciones tanto del simulador como las reales.

2.13.4.4.Animación

Una vez creados los objetos vinculado a las marcas se les puede animar mediante el editor de animaciones, desde el menú “*Utilities/ Animación Editor*”, asociando estas a los puntos del sistema en los cuales queremos que se activen. Para crear estas animaciones hay que hacer doble click sobre la figura deseada que se quiere animar y asociarlo con el nombre del punto correspondiente.

- **Editor de animaciones**

Desde el editor de animaciones, mostrado en la figura 2-40, se puede borrar y modificar acciones de animación, tener acceso a un juego de animaciones predefinidas como rellenar objetos, rotar, mover, cambiar color etc.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-40. Acceso al editor de animaciones

Para tal efecto también podemos utilizar el ícono:



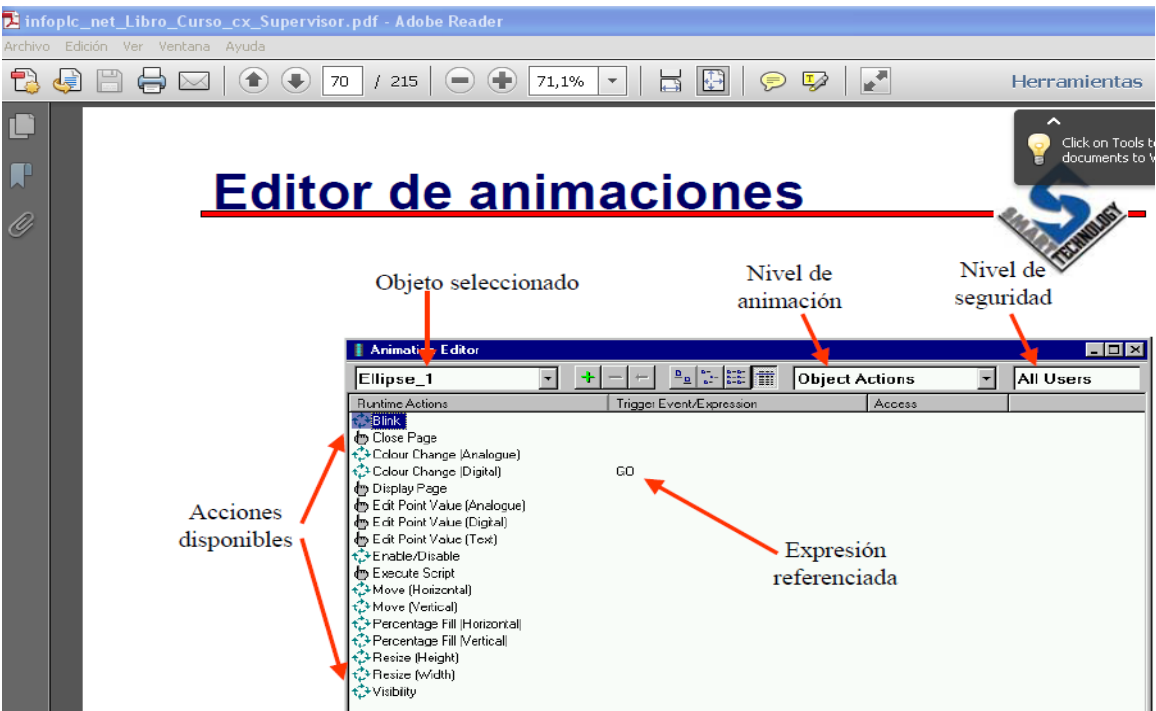
2.13.4.5. Modificar una animación o editar una animación

Para añadir o modificar una animación de debe hacer clic sobre el objeto que desea animar, posteriormente doble clic sobre la acción deseada o hacer clic sobre el ícono ,  y , respectivamente.

Relacionar la animación con una expresión, por ejemplo un punto.

Para borrar una animación, pulsar la tecla **Supr** sobre la animación deseada o hacer clic sobre el ícono .

Esta ventana se puede apreciar en la figura 2-41.



Fuente: manual Omrom

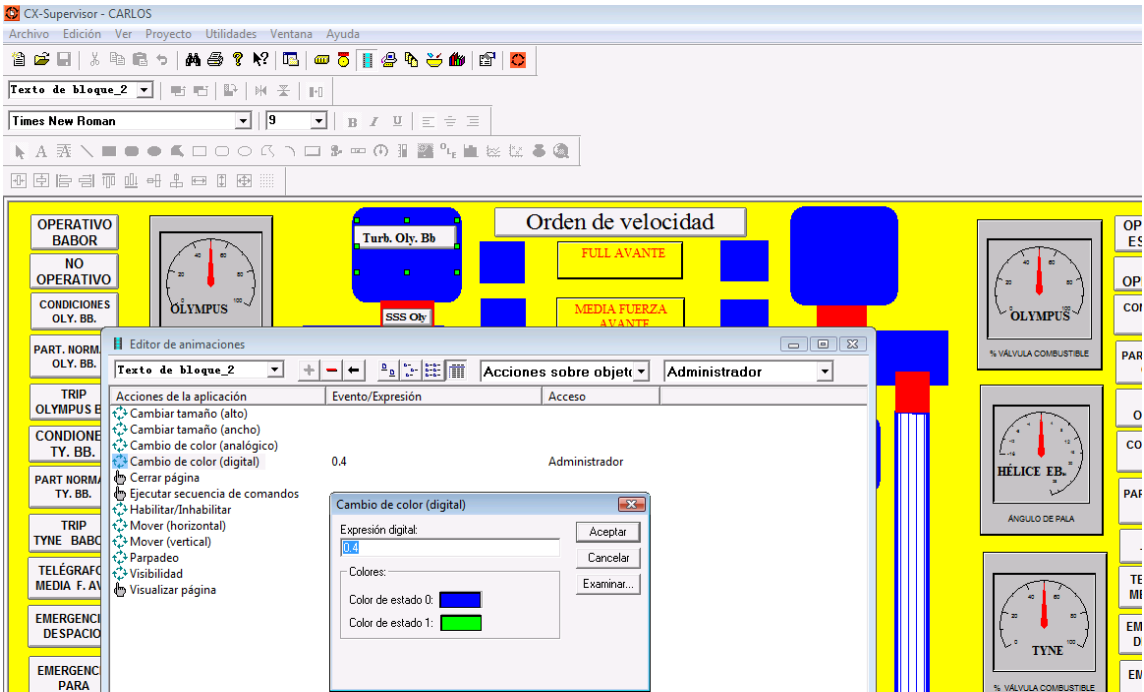
Figura 2-41. Editor de animaciones

2.13.4.6. Añadiendo y creando puntos en “Editor de animación”

Hacer clic sobre el ícono, , y aparecerá la siguiente ventana, en la cual se debe especificar una expresión o un punto sobre la cual se realizará la animación. Se debe especificar los parámetros relativos a la animación, formato, desplazamiento, posición, rotación etc.

- **Ejemplo N°1**

En el ejemplo siguiente, demostrado en la figura 2-42, se continuará con la acción sobre la puesta en servicio de la turbina *Olympus*, cuyo evento o estado es la dirección 0.4 del programa *CX-Programmer*, en donde su estado fuera de servicio (*Off*) se representa con el color azul y el estado en servicio (*On*) se representa con el color verde.



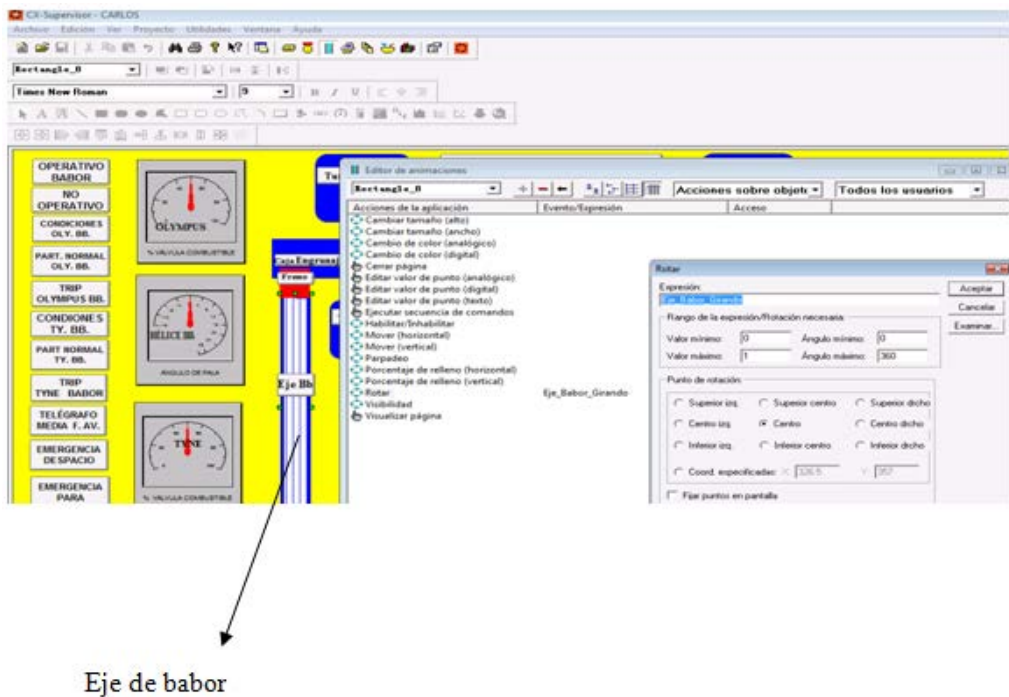
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-42. Animación puesta en servicio turbina *Olympus* de babor

En los siguientes ejemplos se hará referencia a tres acciones características de los objetos diseñados vinculados entre el programa del PLC y el diagrama a proyectar en el programa *CX-Supervisor*.

- **Ejemplo N°2**

Otro ejemplo se demuestra en la siguiente figura 2-43, que es representar en *CX-Supervisor* vinculando con la dirección 100.06 del programa *CX-Programmer*, para animar eje de babor con el efecto de rotar sobre su centro, es por este motivo que se diseñó con líneas longitudinales para representar de mejor forma dicho movimiento.

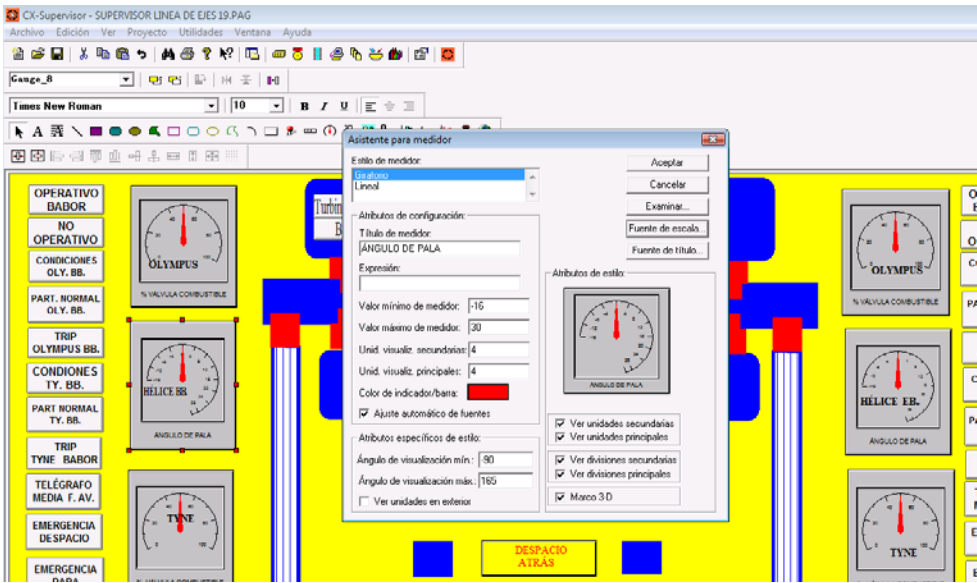


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-43. Animación eje babor girando

• **Ejemplo N°3**

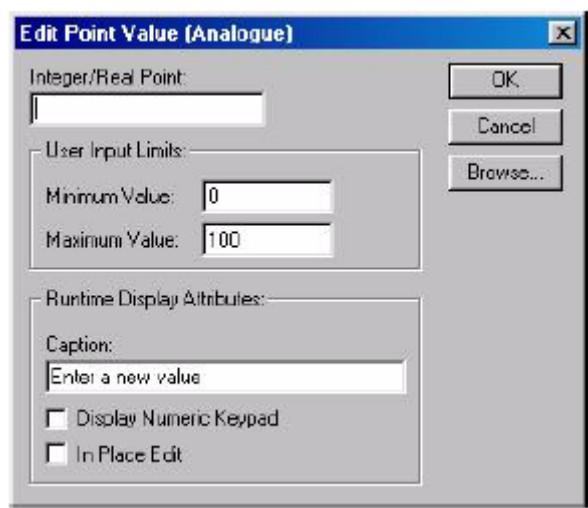
En el siguiente ejemplo, demostrado con la figura 2-44, se hace referencia a la creación del indicador de ángulo de pala de la hélice, creándose desde la barra de herramientas del programa CX-Supervisor:



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-44. Creación del indicador de ángulo de pala de la hélice

En el siguiente ejemplo se anima el indicador de ángulo de pala de la hélice de babor, para lo cual se selecciona el “Editor de punto”, figura 2-45, valor análogo, y desde el listado de animación se debe hacer clic en “Agregar punto2, y para acceder a la entrada análoga se debe seleccionar “Editor de animaciones”, y hacer clic en el listado entrada análoga en cuya ventana se configura los parámetros de la señal de entrada de un valor “Real”, y los parámetros de trabajo del sistema.



Fuente: Elaboración propia

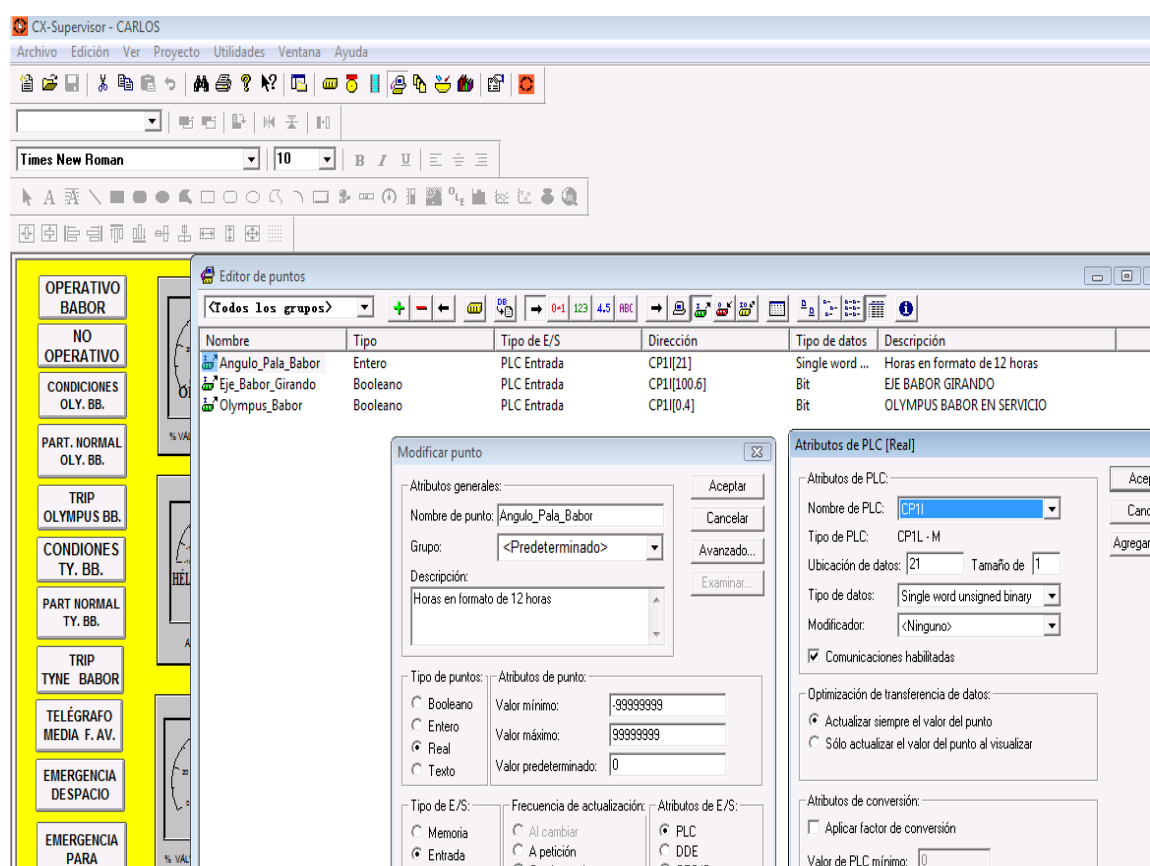
Figura 2-45. Editor de punto señal análoga

CX-Supervisor permite realizar animaciones en diferentes elementos de visualización con la misma facilidad. El editor de animaciones está específicamente diseñado para mantener esta línea de sencillez.

El asistente del Medidor se invoca haciendo doble clic sobre el gráfico del medidor. Basta con introducir algunos nombres y números para configurar correctamente el medidor. Los asistentes ayudan a fijar los valores de los interfaces gráficos.

CX-Supervisor es también de gran ayuda para hacer seguimiento de la aplicación que se está desarrollando. Las diferentes partes de la aplicación se exponen página por página en un estilo similar al Explorador. Esto permite al diseñador de sistemas obtener una perspectiva global, accediendo a cualquier detalle de su aplicación.

La figura 2-46 muestra las ventanas para animar el ángulo de pala para la hélice de babor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-46. Animación ángulo de pala hélice de babor

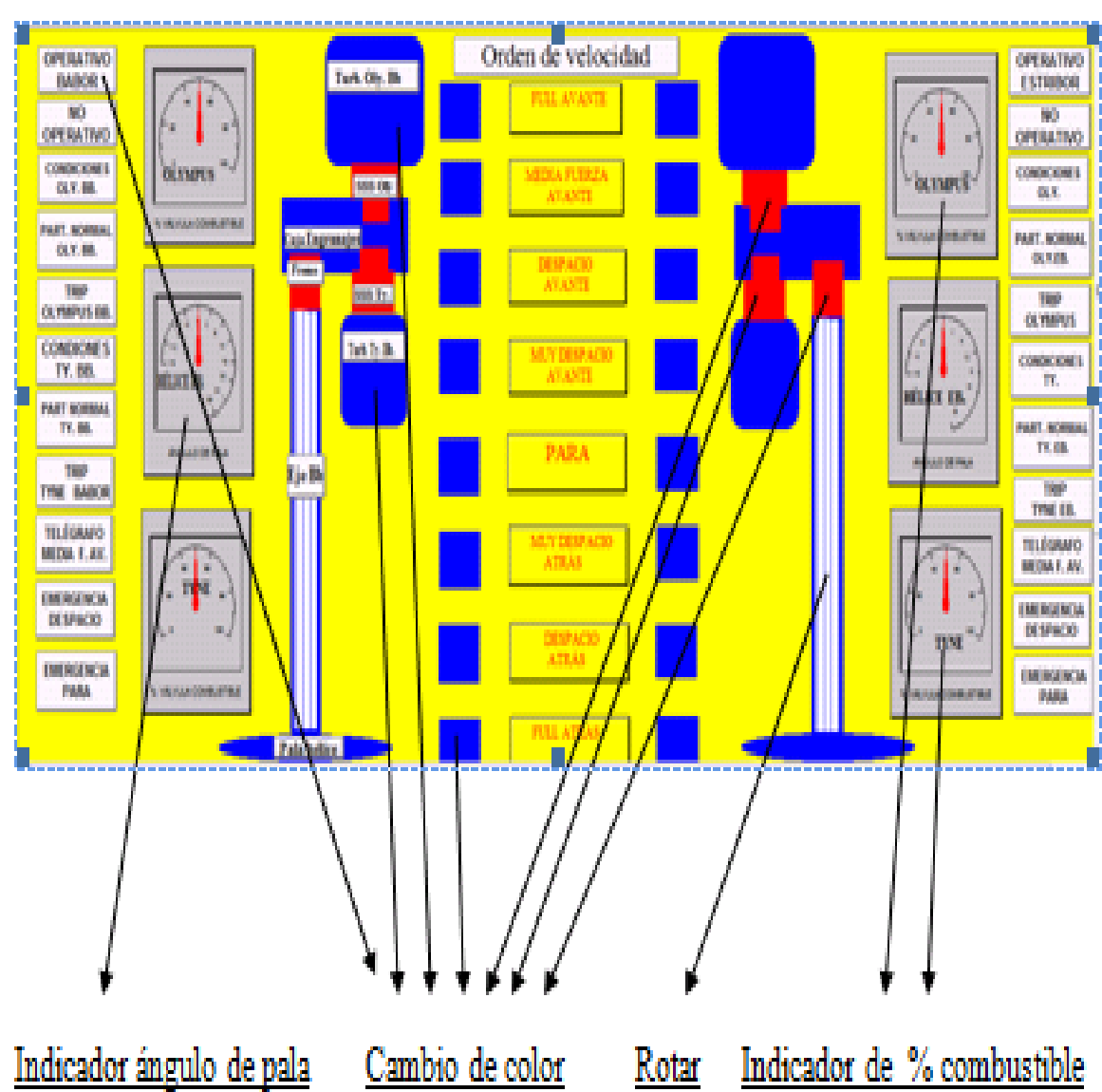
2.13.4.7. Tipos de animación

Entre los tipos de animaciones se pueden destacar los siguientes:

- Parpadeo de un objeto
- Cambios de color analógico
- Cambio de color digital
- Objeto activo/desactivo
- Movimiento horizontal
- Llenado porcentual horizontal
- Modificar altura
- Modificar anchura
- Rotar un objeto
- Movimiento vertical
- Llenado porcentual vertical

Los tipos de animación serán aplicados a los diferentes objetos en la configuración de la nueva aplicación, configurados en su totalidad como entradas, sin embargo, la evaluación del desarrollo de este proyecto creará las demandas permitirán utilizar las salidas y controlar las la propulsión a través de la pantalla.

La figura 2-47 describe los componentes que participan en los procesos que se desarrollan en una planta propulsora



Fuente: Elaboración propia

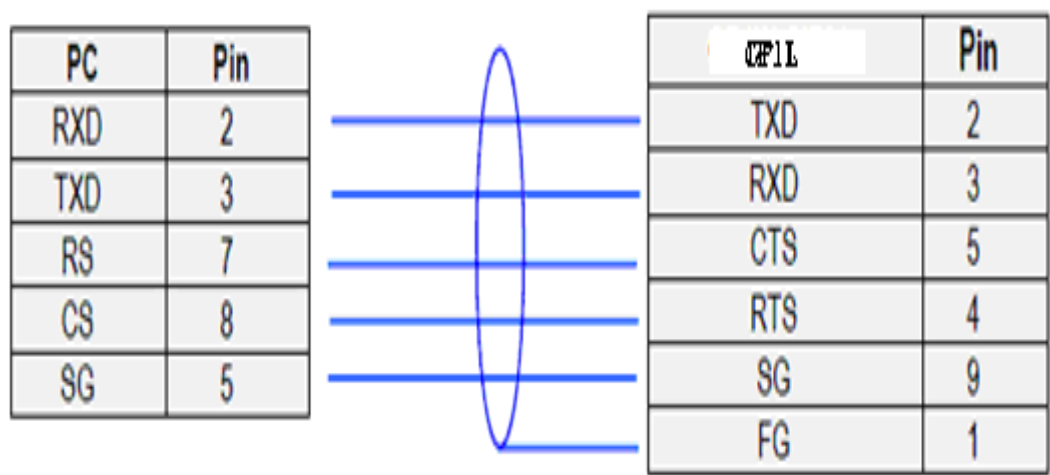
Figura 2-47. Cambios de estado en el diagrama representado en pantalla

2.13.5. Módulo de comunicaciones

Las comunicaciones que se realizan entre el autómata y el SCADA, se efectúa mediante el módulo de Omron CIF01, es decir, comunicación entre el computador y el PLC, mostrado en la figura 2-48.

El módulo de comunicaciones de Omron CIF01 convierte las comunicaciones de datos entre el puerto de periféricos y el dispositivo RS-232.

Cable PC (Puerto Serie RS232) ---- CP1L (Puerto RS-232):



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-48. Comunicación entre el puerto de periférico del PLC y PC

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Considerando que el presente proyecto está dirigido a alumnos dentro de una entidad pública, basado en la incorporación de un nuevo sistema de apoyo en el área académica, se presentarán los costos del proyecto involucrando mano de obra y materiales a utilizar, lo que significa que los objetivos no son lucrativos, por el contrario, sólo busca facilitar el aprendizaje, obteniendo como resultado a personas con mejores capacidades en beneficio de la calidad profesional y seguridad del material.

3.1. COSTOS DE LOS PROFESIONALES

Los profesionales ingenieros son docentes de la Academia Politécnica, y pertenecientes al Departamento Académico, destacando entre ellos a ingenieros electrónicos e ingenieros electricistas. Cabe hacer presente también, que tanto los técnicos y los dibujantes pertenecen a la misma Academia.

Es por este motivo que los costos asociados a las cantidades de Horas/Hombre, se originaron en base a las remuneraciones mensuales recibidas por cada uno de los participantes, presentado en tabla 3-1, costos de profesionales.

Tabla 3-1. Costos de profesionales

Evaluación económica de costo de ingeniería				
Profesionales	Costo HH (UF)	Tiempo estimado HH	Total UF	Costo pesos aproximados
Programar PLC	1	100	100	2.257.479
Programar SCADA	1	50	50	1.128.740
Instalación	0.5	100	50	1.128.740
Dibujante	0.5	80	40	902.992
Puesta en marcha	1	24	24	541.795
Equivalencia en pesos 02 Agosto 2012				
Valor UF = \$ 22.574,79				
Total pesos				5.959.746

Fuente: Elaboración propia

3.2. COSTOS DE LOS MATERIALES

La tabla 3-2, muestra lós costos asociados a la adquisición del material.

Tabla 3-2. Costos de Materiales

Evaluación económica de los Equipos				
Elemento	Dolar	Pesos, (\$)	Cantidad	Costo pesos aproximados
PLC CPM1	681.38		1	329.264
Unidad de expansión análoga CP1WAD041	384.65		2	371.750
Unidad de expansión CP1W40EDR	401.92		3	582.660
Optoacoplador	1.4		100	67.653
Cable apantalado	29.52 (25 metros)		3	42.795
Riel de soporte	8		4	15.464
End plate	8		8	30.927
Monitor	-	208.990	1	208.990
Computador		669.990	1	669.990
Cable unidad expansión CP1-WCN811	58.025		3	84.119
Dispositivos varios	120.000		1	120.000
Insumos	100.000		1	100.000
Banco Central con fecha 02 Agosto 2012				
Dólar observado: \$ 483,23				
Total pesos				2.623.612

Fuente: Elaboración propia

El costo de los profesionales asciende a cinco millones trescientos sesenta mil cuatrocientos treinta y cuatro pesos.

3.3. COSTO DEL PROGRAMA OMROM

La tabla 3-3, muestra los costos asociados a la adquisición del programa a utilizar.

Tabla 3-3. Costo de los programas Omron

Evaluación económica de los programas				
	Dolar	Pesos	Cantidad	Total pesos aproximados
Programas Omron	2150		1	1.038.945
Banco Central con fecha 02 Agosto 2012				
Dólar observado: \$ 483,23				
Total pesos				1.038.945

Fuente: Elaboración propia

El costo del programa Omron asciende a un millón sesenta mil seiscientos ochenta y un pesos.

3.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Costo de profesionales:	5.959.746
Costo de equipos:	2.623.612
Costo del programa:	<u>1.038.945</u>
	\$ 9.622.303

Costo total del proyecto:

El costo total del proyecto asciende a nueve millones seiscientos veinte y dos mil trescientos tres pesos.

3.5 COSTO REAL DEL PROYECTO

Considerando que los profesionales son parte integral de la institución, quienes dentro de sus funciones y objetivos es mantenerse a la vanguardia de la tecnología, los costos disminuyen, de tal forma que el proyecto se acoge a un costo real, involucrando sólo el costos de los equipos y del programa.

Costo de equipos:	2.623.612
Costo del programa:	<u>1.038.945</u>
	\$ 3.662.557

Costo real del proyecto:

El costo real del proyecto asciende a tres millones seiscientos sesenta y dos mil quinientos cincuenta y siete pesos.

CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado, nace de la necesidad de mejorar la enseñanza de los alumnos en la asignatura de Propulsión Naval, en donde se experimentó con jóvenes principiantes en el aprendizaje de este tema, después de asimilar los conceptos básicos y esquemáticos de los sistemas de propulsión en las salas de clases, tuvieron la posibilidad de relacionarse con el simulador, sin embargo, las instalaciones de la sala de control no se acerca a un esquema familiar, y no permite interactuar con el simulador, por consiguiente, se buscaron herramientas para establecer una interfaz representativa en beneficio de optimizar el uso de las instalaciones, las cuales sólo pueden representar un solo tipo de propulsión. El usar esta nueva herramienta permite incorporar mas conocimiento y capacitar de mejor forma en la parte práctica a los alumnos.

El instalar este dispositivo, permite de manera significativa un ahorro de recursos económicos, ya que no es necesario construir nuevas sala de entrenamiento, ni efectuar nuevas instalaciones, sino una optimización de este simulador existente, ya que se convierte en un simulador multipropósito capaz de cumplir todos los roles requeridos. Estas herramientas incorporadas al simulador original, que trabajando en conjunto, permitirán proyectar los procesos que se llevan a cabo en el interior de una planta de propulsión marítima, con mayor seguridad para los operadores y una mejor eficiencia para los sistemas basado en Turbinas a Gas, lo cual proyecta a futuro operadores calificados, con un alto grado de confianza con lo cual se contribuye en la seguridad personal, material y estratégica.

BIBLIOGRAFÍA

Catálogos simulador de entrenamiento. Disponible en Academia Politécnica Naval

Manuales de sistemas de propulsión. Disponible en Academia Politécnica Naval

Manual Omron *CX-Programmer*. Disponible en Academia Politécnica Naval

Manual Omron *CX-Supervisor*. Disponible en Academia Politécnica Naval

Manual Omron CX-Server. Disponible en Academia Politécnica Naval

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA – ESPAÑA. Manual CX-Supervisor. [en línea].
[Consulta: Septiembre de 2012]. Disponible en:
<http://dim.usal.es/eps/im/roberto/pesados/ryc/infoplcn_net_Libro_Curso_cx_Supervisor.pdf>

OMRON CORPORATION. Manuales CX-Programmer, CX-Supervisor y CX - Server. .
[en línea]. [Consulta: Septiembre de 2012]. Disponible en:
<http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/cx-programmer.html>

ANEXO 1: COTIZACIONES

A.1.1 Módulo PLC Omron CP1L-M40DR-D

Código de producto RS	401-557
Fabricante	Omron
Número de parte de fabricante	CP1L-M40DR-D
Status RoHS	 RoHS Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio unitario
1	US \$ 681,38



A.1.2 Módulo de expansión Omron CP1WAD041

Código de producto RS	401-472
Fabricante	Omron
Número de parte de fabricante	CP1W-AD041
Status RoHS	 RoHS Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio unitario
2	US \$ 384,65



A.1.3 Módulo de expansión análogo Omron CP1W40EDR

Código de producto RS	401-551
Fabricante	Omron
Número de parte de fabricante	CP1W-40EDR
Status RoHS	 Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio unitario
2	US \$ 401,92



A.1.4 Fototransistor

Código de producto RS	665-5353
Fabricante	OSRAM Opto Semiconductor
Número de parte de fabricante	SFH 305
Status RoHS	 Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio unitario en cajas de 5 unidades
5	US \$ 2,141
10	US \$ 1,771
25	US \$ 1,564
50	US \$ 1,40
125	US \$ 1,193



A.1.5 Cable blindado

Código de producto RS	236-3921
Fabricante	RS
Número de parte de fabricante	XR-022-RS
Status RoHS	 Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio 1 Reel of 25 Metres
1	US \$ 32,80
15	US \$ 30,51
30	US \$ 29,52



A.1.6 Din track PFP-50N

Riel de soporte
PFP50N

Facturado por OMRON
Min order 1 din mountrailing rail, external width: 7.3mm.material: aluminium; length: 50 cm rohs compliant:yes
Peso: 1 lbs
Precio Estimado de Distribuidor- U\$ 8.00

A.1.7 End plate PFP-M

Min order 1 din rail end olate; for use with: din mounting rail; accesory type: end plate; connector type: relay accesory rohs compliant: yes
Precio estimado de distribuidor- U\$1.88

A.1.8 Monitor

Samsung Monitor LED *WIRELESS CENTRAL STATION* 23" C23A750

Monitor LED *WIRELESS CENTRAL STATION* 23" C23A750

Conecta tu PC vía *wireless* (sin cable) a este monitor!!!

Los monitores de las Series 7 son los primeros modelos de Samsung con pantalla LED y el innovador sistema *Central Station* HUB. Se trata de una pantalla que incluyen múltiples opciones de entrada y salida para facilitar la conexión de una serie de dispositivos como teclados, ratones, MP3, etc., dejando los puertos USB del portátil libres para ser utilizados con otros productos sin complicaciones. Además, la Serie 7

cuenta con una opción de detección inalámbrica automática vía Wi-Fi, brindando una conexión sin cables (Audio-Video) hasta un máximo de 1,5 metros. Las nuevas series son capaces de transformar automáticamente la pequeña pantalla de un portátil en un monitor de 23". Su tecnología Mega DCR mejora el nivel de contraste y con la función *auto configuration* se ajusta automáticamente la resolución de la pantalla del portátil y el monitor *Central Station* cuando ambos se conectan. Disponen también de la tecnología USB 3.0, se apaga automáticamente cuando el portátil se conecta o se desconecta y por supuesto es *FULL HD*. Tecnología inalámbrica para tu PC o portátil en una pantalla LED de 23 pulgadas.

Una completa solución multimedia *Wireless-Hub*

Monitor LED ultra delgado

Full HD (1080p)

Incluye conectores USB 3.0 integrados

Monitor con ángulo ajustable

Serie 7 Samsung de última generación

Características

- Modelo: C23A750 / Serie 7
- Tipo panel: LED *Full HD*
- Tamaño: 23"
- Resolución: 1920x1080
- Formato: 16:9
- Brillo: 250 cd/m²
- Contraste: MEGA DCR
(5.000.000:1)
- Tiempo de respuesta: 2 ms
- Frecuencia: 60 Hz
- Angulo de visión: 170/160
- Profundidad de color: 16.7M
- Conexiones:
 - 1 x VGA
 - 1 x HDMI
 - 1 x Audio
 - 2 x USB 3.0
 - 2 x USB 2.0

1 x USB (PC in)

1 x LAN

- Consumo: 34.6W

Stand By 3.4W

- Características especiales:

Monitor *Wireless* para conectar monitor a PC (incluye adaptador *Wireless*)

Ej: Conectar *notebook* a monitor inalámbricamente video

Centro Hub con diferentes salidas y conexiones

Botones táctiles

- Peso (con base): 4,4 Kg.
- Dimensiones (con base): 550.4 x 433.9 x 232.8
- Incluye:
 - Adaptador USB *Wireless*
 - Cable alimentador
 - Cable VGA
 - Cable USB (PC in)
 - Documentación
 - CD *Software*

- Precio unitario: \$ 208.990

Samsung Monitor LED *WIRELESS CENTRAL STATION* 23" C23A750



A.1.9 Computador personal

Samsung *Notebook* NP550P5C-T01CL Core i7 3610QM 6GB 1TB 15,6" *BluRay* GT630M 1 GB *Windows 7 Home Premium*

Precio unitario \$ 669.990



A.2.0 Módulo de comunicaciones

Código de producto	401-484
RS	
Fabricante	Omron
Número de parte de fabricante	CP1W-CIF01
Status RoHS	 RoHS Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio Each
1	US \$ 71,94



A.2.1 Cables unidades de expansión

Código de producto RS	401-529
Fabricante	Omron
Número de parte de fabricante	CP1W-CN811
Status RoHS	✓ RoHS Certificado de cumplimiento de normas RoHS

Cantidad	Precio Each
1	\$ 58.025

