**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

(Arial negrilla 24)

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

(Arial negrilla 16)

**CREACIÓN DE PLATAFORMA DE SOFTWARE SUPERVISORIO EN JAVA PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES DEL DACI - FIEE** (Arial negrilla 14)

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

(Arial negrilla 12)

**ANDRADE CABRERA LUIS ANDRÉS**

(En orden Alfabético, Arial negrilla 12)

**DIRECTOR: MSc. EGUEZ SARZOSA VICENTE ADRIÁN**

**CODIRECTOR: PhD. YACCHIREMA VARGAS DIANA CECILIA**

(Arial negrilla 12)

**Quito, mes año** (Arial negrilla 12)

# AVAL

Certifico (amos) que el presente trabajo fue desarrollado por Nombre1 (y Nombre 2), bajo mi (nuestra) supervisión.

**  
NOMBRE DIRECTOR  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**  
NOMBRE CODIRECTOR  
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo (Nosotros), Nombre 1 (Nombre 2), declaro (amos) bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi (nuestra) autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he (hemos) consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo (dejamos) constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

|  |  |
| --- | --- |
| NOMBRE1 | NOMBRE2 |

# DEDICATORIA

(OPCIONAL)

# AGRADECIMIENTO

(OPCIONAL)

# ÍNDICE DE CONTENIDO

[AVAL I](#_Toc7511869)

[DECLARACIÓN DE AUTORÍA II](#_Toc7511870)

[DEDICATORIA III](#_Toc7511871)

[AGRADECIMIENTO IV](#_Toc7511872)

[ÍNDICE DE CONTENIDO V](#_Toc7511873)

[RESUMEN VI](#_Toc7511874)

[ABSTRACT VII](#_Toc7511875)

[1. INTRODUCCIÓN 1](#_Toc7511876)

[1.1 OBJETIVOS 1](#_Toc7511877)

[1.2 ALCANCE 1](#_Toc7511878)

[1.3 MARCO TEÓRICO 1](#_Toc7511879)

[2. METODOLOGÍA 2](#_Toc7511880)

[2.1. EJEMPLOS DE USO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES 2](#_Toc7511881)

[2.2. TIPOGRAFÍA 3](#_Toc7511882)

[2.3. ESPACIADO 3](#_Toc7511883)

[2.4. NUMERACIÓN 3](#_Toc7511884)

[3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 5](#_Toc7511885)

[4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 6](#_Toc7511886)

[4.1. CONCLUSIONES 6](#_Toc7511889)

[4.2. RECOMENDACIONES 6](#_Toc7511890)

[5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 7](#_Toc7511891)

[ANEXOS 8](#_Toc7511892)

# RESUMEN

(Máximo 250 palabras)

**PALABRAS CLAVE:** palabra1, palabra2, …, palabra6

# ABSTRACT

(Máximo 250 palabras)

**KEYWORDS:** word1, word2, …, word6

# INTRODUCCIÓN

El software específico para el desarrollo de prácticas de laboratorio es clave en el desarrollo y el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica y Control, así como de la carrera de Automatización que pertenecen a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, al ser un requerimiento solicitado por las empresas y poder implementar sistemas de control industrial [1].

El software de control industrial que es instruido en el Departamento de Automatización y Control Industrial(DACI) tiene un costo por licencia, del Software AVEVA Edge, empezando por los $3,240 hasta los $20,740 dólares americanos [2]. El software AVEVA permite a los usuarios crear distintas pantallas de usuario para administrar distintos dispositivos, así como comunicarse a dichos dispositivos utilizando una gran variedad de controladores, que suman más de 250, además permite el registro de eventos para asegurar la trazabilidad de acciones que los usuarios inician, entre otras más opciones.

El DACI dentro de sus prácticas desarrolladas utiliza el software Wonderware® InTouch® HMI, que es una versión anterior del software antes mencionado AVEVA Edge [3], sin embargo no son utilizadas todas las posibilidades que ofrece este software, es decir, es posible optar por alternativas con opciones más limitadas, pero que sean las más utilizadas, y además se permitiría que los estudiantes puedan adquirirlo para su uso personal de manera legal.

Las alternativas serían beneficiosas no solo para la universidad y el DACI, sino también para la comunidad en general, es decir, la pequeña y mediana empresa [4], que necesita incentivar su desarrollo así como su productividad gracias al software de control supervisorio que puede administrar de manera eficiente los sistemas de administración y control industrial, y con una alternativa de bajo costo no repercutirá en el presupuesto de las PYMES.

Tomando en consideración lo antes expuesto el presente proyecto integrador propone la creación de un software para la implementación de aplicaciones de control supervisorio bajo licencia libre y a bajo costo que permita el desarrollo de programas de control industriales, que puedan ser utilizados en las prácticas del DACI, que incluyan elementos e interacciones específicas que sean similares a los utilizados actualmente en dichas prácticas. Este software será desarrollado en el lenguaje de programación JAVA, de modo que permita su ejecución en diferentes sistemas operativos.

## OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto Integrador es: Implementar una plataforma de software para el desarrollo de aplicaciones de control supervisorio constituido por una aplicación de escritorio en JAVA que permita la comunicación con PLCs MicroLogix 1100 a través del protocolo EtherNet/IP™ para el Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI) de la Escuela Politécnica Nacional

Los objetivos específicos de este Proyecto Integrador son:

* Determinar los requisitos del sistema a nivel funcional y el alcance del software supervisorio.
* Diseñar la arquitectura e interfaces de usuario buscando asemejarse a HMIs profesionales.
* Implementar una aplicación de escritorio en JAVA que permita la interoperabilidad entre sistemas operativos, y se conecte a sistemas SCADA implementados en los laboratorios.
* Aplicar pruebas de aceptación para comprobar que se cumplan con los requerimientos solicitados por el DACI.
* Comprobar la calidad del producto a través de encuestas, para medir la usabilidad y facilidad de uso del sistema.

## ALCANCE

Este proyecto integrador busca implementar una aplicación que pueda ejecutarse en distintos sistemas operativos de escritorio como Windows y Linux. Este software deberá tener un comportamiento similar al de HMIs profesionales, es decir, la capacidad para guardar archivos con el estado actual de un proyecto, así como conectarse a través de la red para conectarse a los PLC, específicamente el modelo MicroLogix 1100, utilizando el protocolo Ethernet/IPTM.

## MARCO TEÓRICO

SISTEMAS SCADA

Un sistema de supervisión es aquél que permite asegurar el correcto funcionamiento de un proceso aún si suceden situaciones anómalas [5]. Todo sistema de supervisión busca automatizar tareas, para esto requiere de toda la información, así como conocimiento existente del proceso [5].

La implementación actual de un sistema de supervisión por parte de la industria se ha reflejado en los sistemas los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés) que tal y como se infiere desde su nombre adquieren los datos permitiendo su control y supervisión [5].

Los sistemas SCADA pueden ser solo una aplicación o varias, que se comunican digitalmente con los diferentes dispositivos necesarios en la industria como instrumentos y actuadores, además proveen una interfaz gráfica de alto nivel para sus operadores y usuarios [5].

Las siglas SCADA pueden ser utilizadas para referirse hacia las aplicaciones que se han diseñado para el proceso como para los entornos que permiten su desarrollo [5].

Los usuarios de un sistema SCADA requieren las siguientes funcionalidades básicas:

* Adquirir y almacenar los datos de los procesos [5].
* Representar gráficamente las variables que pertenezcan a un proceso, animaciones serán necesarias para indicarle al usuario que los datos varían con el tiempo, además se debe permitir la monitorización de dichas variables [5].
* Control, que permita actuar sobre los distintos miembros del proceso, como autómatas y reguladores autónomos. También podría afectar directamente al proceso mediante Entradas y Salidas remotas [5].
* Arquitectura que sea abierta y permite flexibilidad para ampliación, así como adaptación a los cambios que un proceso pueda desarrollar a lo largo del tiempo [5].

ESTRUCTURA INTERNA DE UNA APLICACIÓN SCADA

Un sistema SCADA puede definirse en líneas generales a través de los siguientes elementos:

* **Driver de comunicación:** Es el agente encargado de administrar la comunicación entre los servidores de datos y los dispositivos que pertenezcan al proceso, además es quien implementa los protocolos que permiten dichas comunicaciones [5].
* **Servidor de datos del Proceso:** Es el agente que detectará y gestionará tanto alarmas como eventos que se desencadenen dentro del proceso, así como almacenar los datos para realizar análisis y posterior retroalimentación. Además, debe tener acceso directo hacia las bases de datos que se estén utilizando en el proceso [5].
* **Servidor Web:** Es necesario cuando un proceso cuyos datos se han lanzado para que sean comunicados a través de Internet, administrando su disponibilidad y su acceso. Habilita la comunicación desde equipos remotos para poder recibir información de la planta [5].
* **Interfaz Humano Máquina (HMI, por sus siglas en inglés):** Es la interfaz gráfica que permite la visualización de las variables del proceso a través, de figuras, gráficos, objetos animados, textos, listas, múltiples ventanas, etc [5].
* **OLE/ODBC:** Es el estándar de Microsoft que permite comunicarse hacia distintos tipos de sistemas de bases de datos, se requiere cuando un sistema SCADA se conectará con bases de datos de sistemas que le son superiores y pertenecen a la gestión de la empresa como por ejemplo un sistema de Planificación de Recursos Empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) o un sistema de Planificación de los Recursos de Fabricación (MRP, por sus siglas en inglés) [5].
* **Batch:** Es una aplicación que permite la gestión de solicitudes y también de los procesos por lotes. Sin embargo, este paquete es solo opcional o se oferta a través de terceros [5].
* **Control de Estadístico de Procesos / Control Estadístico de Calidad (SPC/SQC, por sus siglas en inglés):** Es una aplicación que permite realizar el seguimiento, así como el control de la calidad a través de variables o atributos, además de realizar cálculos estadísticos para la obtención de curvas y gráficas respecto a la calidad [5].
* **Seguimiento de Producción:** Son las aplicaciones que se han adaptado a cada proceso y también a cada empresa, por lo que permiten un amplio espectro de configuraciones, permitiendo generar consultas hacia la base de datos del proceso, así como la generación de listados específicos de elementos del proceso [5].

A continuación, se mostrará un gráfico que permite observar cómo se relacionan los elementos de un sistema SCADA:

Diagrama

Descripción generada automáticamente

**Figura 1.1.** Estructura de un sistema SCADA

Además de los elementos anteriormente expuestos existen otros que se encuentran en el cuadro naranja en la parte central de la Figura 1.1 son estándares de Microsoft tales como DDE, OLE, COM/DCOM. ActiveX y OPC que permiten la integración de aplicaciones de terceros o también aplicaciones específicas diseñadas particularmente para un proceso [5]. En síntesis, esta área muestra la necesidad de los sistemas SCADA de integrar los datos de planta con los sistemas de gestión de costos, producción, pedidos, materiales, etc [5].

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN USADOS EN SISTEMAS SCADA

Los sistemas SCADA tienen varios tipos de comunicaciones como fue expuesto anteriormente, para asegurar que estas sean continuas, confiables y eficientes, varios tipos de protocolos de comunicación han sido diseñados [6]. Estos protocolos buscan cumplir con los requerimientos de aplicaciones industriales en la comunicación y tomando en cuenta por ejemplo las capacidades de procesamiento de sus componentes como un PLC [6]. A continuación, se mostrará una descripción general de los protocolos más utilizados en sistemas SCADA.

Protocolos Basadas en Fieldbus

Fieldbus es una familia de protocolos que se diseñaron para ser un sistema de red que permita el control distribuido en tiempo real de aplicaciones industriales [6]. Este conjunto de protocolos ofrece ventajas al compararse con el cableado paralelo ya que al utilizar solamente un cable para atravesar todos los dispositivos permite que las redes se diseñan y desplieguen con mayor rapidez [6].

Dentro de esta familia de protocolos se encuentran los siguientes:

* BITBUS [6]
* Foundation Fieldbus H1 [6]
* PROFIBUS [6]
* WorldFIP [6]

Protocolos Basados en Ethernet

A lo largo del tiempo se han observado las ventajas de la tecnología de red Ethernet, que han impulsado el desarrollo de muchos protocolos de comunicación industrial que lo incorporan en sus soluciones [6]. Los sistemas de aplicación industrial requieren de una latencia muy baja, por lo que se desarrolló el estándar de Ethernet Industrial que modifica la capa de control de acceso a medios (MAC, por sus siglas en inglés) [6]. Ethernet Industrial ofrece muchas ventajas sobre otros tipos de redes industriales, una de ellas siendo extremadamente mayor velocidad en comparación a otras comunicaciones de serie, ya que hace uso de las capacidades de los cables Cat5e/Cat6 y fibra óptica [6]. Además se aprovechan las funciones de detección y corrección de errores permitiendo mayores distancias de conexión [6]. Ethernet con su ubicuidad permite que se utilicen equipos de red comunes, tales como puntos de acceso, conmutadores y enrutadores [6]. Ethernet Industrial con su capa MAC modificada no anula la utilización de direcciones MAC normales, por lo que estas pueden seguir siendo utilizadas para la identificación de dispositivos [6].

Dentro de esta familia de protocolos se encuentran los siguientes:

* Protocolo de Red Distribuida (DNP3, por sus siglas en inglés) [6].
* EtherCAT [6].
* Fundación Ethernet de Alta Velocidad (HSE, por sus siglas en inglés) [6].
* Comisión Internacional Electrotécnica (IEC, por sus siglas en inglés) 61850 [6].
* PROcess FIeld NET(PROFINET) [6].
* SERCOS III [6].
* Ethernet Powerlink [6].
* Protocolos de automatización en tiempo real para Ethernet Industrial (RAPIEnet, por sus siglas en inglés) [6].

Protocolos Seriales

Dentro de esta familia de protocolos se encuentran los siguientes:

* El conjunto de estándares de la familia IEC 60780 [6].
* Modbus [6].
* Unitronics PCOM [6].

Protocolo Industrial Común (CIP, por sus siglas en inglés)

Es un conjunto de protocolos que provee una infraestructura para las comunicaciones industriales. A continuación, se mostrará una figura donde se resume la pila del protocolo [6].

Tabla

Descripción generada automáticamente

**Figura 1.2.** Pila del Protocolo Industrial Común

En el nivel superior de la pila mostrada en la Figura 1.2 se tienen varios perfiles para distintos tipos de dispositivos permitiendo aumentar la interoperabilidad y también la coherencia de dichos dispositivos sin importar su proveedor [6]. Luego se tiene la biblioteca de objectos de aplicación que facilita una interfaz de aplicación, donde cada uno de los objetos tendrá sus atributos, servicios y comportamientos [6]. Después estan los servicios de gestión de datos que se encargan de definir los modelos de direccionamiento para las entidades del CIP, incluyendo los tipos de datos que son admitidos [6]. A continuación se tiene la capa de Gestión de Conexión y Enrutamiento que permiten la definición de los mecanismos para la transmisión de mensajes a través de múltiples redes, es decir, es una interfaz entre las capas de los protocolos superior e inferior [6]. Adicionalmente en la parte superior de la Figura 1.2 se tienen tres capas adicionales que permiten mejorar la seguridad de este protocolo, las cuales son Perfiles de seguridad, Biblioteca de Objectos de seguridad, y Servicios y Mensajes de seguridad [6]. Finalmente, en las capas inferiores se tienen cuatro protocolos de las capas de Red y Transporte y que son admitidos por CIP [6].

Los protocolos que pertenecen a esta familia de protocolos son los siguientes:

* DeviceNet [6].
* ControlNet [6].
* CompoNet [6].
* EtherNet/IP [6].

Protocolo EtherNet/IPTM

EtherNet/IPTM (EIP, por sus siglas en inglés) pertenece a la familia de protocolos CIPTM gestionada por ODVATM que busca fomentar las tecnologías de información y comunicación abiertas que permitan su interoperabilidad en ambientes industriales [7]. EIP utiliza CIP como su protocolo de capa superior, y extiende las propiedades de Ethernet TCP/IP, lo que le permite trabajar con otros protocolos que se ejecuten en la capa de transporte TCP/UDP estándar y también con otras redes CIP [7].

EIP fue ideado como una solución basada en estándares para la interoperabilidad entre las redes de las empresas de fabricación, y permite la conectividad de Internet y de la empresa en cualquier momento y lugar utilizando Switches de internet disponibles comúnmente. Es necesario acotar que el “IP” de EtherNet/IP significa “Industrial Protocol” (Protocolo Industrial) al pertenecer a la familia de protocolos CIPTM, no debe ser confundido con el “IP” de TCP/IP que en cambio significa “Internet Protocol” (Protocolo De Internet) [7].

Para la implementación de EIP, solo se requiere de un mecanismo para codificar los mensajes CIP en las tramas Ethernet, gracias a estas tramas y a su estructura no existen limitaciones particulares para implementar EIP [7].

Tipos de Páginas HMI

Los sistemas SCADA como se expuso previamente tienen un interfaz gráfica a través de los HMI, que muestran y actualizan los valores de los procesos de acuerdo a su variación a lo largo del tiempo, además manejará las entradas necesarias para los operadores [8]. Los HMI deben comunicarse eficientemente con los elementos necesarios de la planta, que estarán al almacenados en una base de datos, añadiendo controladores, creando Tags de PLCs, que se refieren a ubicaciones de memoria dentro de dichos PLC, luego de definidos se podrán obtener las propiedades necesarias para determinar su estado, como la información obtenida desde el controlador y la ubicación de memoria [8].

A continuación, se presentarán las páginas HMI más comunes:

Página principal HMI

En esta página se muestran los comandos de inicio, así como los accesos e inicios de sesión [8].

Página de Navegación

Esta página es esencial para la aplicación HMI, al permitir acceder rápidamente a las áreas específicas de la aplicación [8]. Desde esta página los operadores pueden moverse de una pantalla a otra a través de botones como: “Schematic”, Base de Datos, Eventos/Alarmas, Informes, sistema, etc [8].

Páginas Esquemáticas HMI

Dentro de estas páginas se encontrarán diagramas esquemáticos de la planta, es decir, dentro de estas páginas se simulará el entorno real, como por ejemplo una imagen de los generadores deberá simular la del entorno real [8]. Para realizar las simulaciones se consta de objetos, cada uno de ellos representará un elemento de la planta [8] o en el caso del presente trabajo de titulación un objeto del laboratorio del DACI. Se pueden reconocer dos tipos de objetos en este tipo de páginas:

* Objetos digitales, que representan los dispositivos de la planta, y muestran el estado actual de dichos dispositivos a través de colores [8].
* Objetos analógicos, en cambio, son valores que representan las lecturas analógicas, y muestran el estado actual de los dispositivos a través de colores y valores [8].

Suele ser usual que se represente los errores que pueden ocurrir en la planta a través del color rojo, mientras que para representar que los objetos estan bajo control se puede usar el color gris, esto significa que un administrador modifico el estado actual del elemento y no se puede asegurar que sea el mismo que el estado actual del elemento en la planta, entonces el objeto permanecerá en gris hasta que el dispositivo remoto acepte o rechace la acción de control y vuelva a enviar el estado en el que se encuentra [8]. A continuación, se mostrará un resumen de los colores más utilizados y sus significados en los objetos de las páginas esquemáticas:

**Tabla 1.1** Significados de los colores en las páginas Esquemáticas [8].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Color** | **Estado Actual para Objetos Digitales** | **Estado Actual para Objetos Analógicos** |
| Verde | Operando Normalmente | Operando Normalmente |
| Magenta | Apagado | - |
| Rojo | Error  Alarma  No disponible  No se encuentra activo  No definido | Bajo  Alto |
| Gris | Bajo Control | Bajo Control Entrada Manual |

Páginas de Alarmas y Eventos

En estas páginas se muestran tanto alarmas del sistema como eventos, en forma de texto con información acerca de dicho evento o alarma, como la fecha y la hora de la ocurrencia así como el elemento donde fue definida la alarma, así como una descripción de dicha alarma [8]. Así como en las páginas esquemáticas los colores también tienen sus significados en estas páginas:

**Tabla 1.2** Significado de los colores en las páginas de Alarmas y Eventos [8].

|  |  |
| --- | --- |
| **Color** | **Significado** |
| Verde | Evento |
| Rojo | Alarma No Reconocida |
| Gris | Enviando Acción de Control  Alarma Reconocida |

Páginas de Tendencias HMI

Las páginas de tendencias mostrarán un cuadro de las lecturas analógicas a lo largo del tiempo, conteniendo las tendencias de las variables que el operador requiera seleccionar para elegir la curva de los valores calculados o los monitoreados [8]. La utilidad de estas páginas surge al poder elegir entre distintos gráficos, y poder seleccionar la escala de tiempo para que sea por distintos intervalos de tiempo como hora, día, semana, etc [8].

Páginas de Informe HMI

Las páginas de informe o reporte son muy similares a las páginas de tendencias en todo, sin embargo las páginas de informe tomaran las variables en función del tiempo en un formato de texto y a través de una table, los tiempos que suelen ofrecerse en estas páginas son Informe Diario, Semanal, etc [8].

Páginas de Sistema HMI

Este tipo de páginas sirven para mostrar los estados de conexión de las computadoras en las estaciones, donde el color verde representará que una computadora esta disponible y conectada y el color rojo un estado de error, dado por que la computadora no está disponible al estar apagada o interrumpida [8].

Páginas de Operador HMI

En esta página se muestran en cambio opciones para los operadores como agregar notas en un cuadro de texto donde se registre la fecha y la hora de dicha nota, además de otra página que permite el registro de los nombres de los operadores, el nombre de la estación actual, así como la fecha y la hora [8]. En estas páginas también se administra el inicio de sesión y su cierra de los diferentes operadores con sus cuentas, administrando también los turnos del operador en las tablas Existencia del Operador [8].

Estándares de Diseño de Aplicaciones HMI

Los HMI son la interfaz a través de la cual los usuarios tienen acceso al sistema SCADA permitiendo su supervisión, entonces mostrar la información y el contexto correctos para cada uno de los contextos posibles de un proceso permitirá que el operario detecte y responda más eficientemente ante situaciones anormales [9].

Una HMI debe ser diseñada para reducir el tiempo de inactividad, el desperdicio de espacio o de tiempo, así como el mejoramiento de la calidad y la productividad [9]. Al mostrar a los operadores solo la información más necesaria de cada contexto se permitirá una mejor toma de decisiones [9].

Convenciones de Colores para HMI

En el entorno de trabajo de aplicaciones industriales donde se usan los HMI, estos deben ser diseñados para alinearse a un modelo mental acorde al flujo de trabajo de tareas asignadas a cada usuario, es decir, los usuarios deben poder hallar la información necesaria, así como los controles con una mínima necesidad en cuanto a reconocimiento de colores [9].

A continuación, se exponen una serie de pautas en cuanto al color para crear pantallas:

* Alarmas: Se recomienda utilizar colores brillantes e intensos, además no deben usarse esos colores para nada más [9].
* Datos en vivo: Se recomienda utilizar colores menos intensos, por ejemplo el azul oscuro o verde oscuro, que distraerán menos y al mismo tiempo permitirán diferenciar claramente los datos de otros estáticos [9].
* Fondo de pantalla: Se recomienda la utilización de colores no saturados, tales como el gris claro que reduzca la interferencia con otros colores utilizados en la interfaz [9].
* Deben evitarse la utilización de colores previamente utilizados en otros objetos, por ejemplo, los asignados para alarmas y datos en vivo. Si se necesita hacer énfasis en algún elemento se debería utilizar el groso de línea [9].
* La representación del estado no dependerá únicamente del color, se recomienda la utilización de características adicionales como el relleno, la forma o inclusive un texto simple que determine el estado actual [9].
* Se debe estandarizar la utilización del color, que sea consistente y siempre aplicado de manera rigurosa, además de documentado [9].
* El contraste con el fondo de pantalla debe ser tomado a consideración para evitar la fatiga visual [9].

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 1.3 Ejemplo de utilización adecuada del color [9].

Como se muestra en la Figura 1.3, el color se ha reservado para ser utilizado en alarmas y en los datos en vivo, se puede notar claramente que las alarmas tienen colores más visibles y llamativos, sin embargo todos los demás objetos tienen tonos de gris para no distraer de la información más importante [9].

Animaciones en Objetos HMI

Para mostrar que un objeto en la interfaz requiere de atención inmediata, se puede utilizar la animación de parpadeo o intermitente para un objeto, sin embargo, el texto de dicho objeto deberá acentuarse manteniendo su legibilidad, se sugiere utilizar un borde u otro objeto parpadeante junto al texto [9]. Además, se debe proporcionar una opción al operador para detener el parpadeo cuando se percate del problema [9].

Tipos de Fuente y Tamaños de Fuente

Las pantallas HMI deben mostrar textos claros y fáciles de leer, permitiendo a los usuarios comprender la navegación, a continuación se mostrarán recomendaciones clave para tipos y tamaños de fuente [9]:

* Se recomienda utilizar la fuente Sans Serif para una mejor legibilidad [9].
* Se debe utilizar un tamaño de fuente uniforme tanto para los datos, “captions”, títulos, cabeceras. Mientras que las etiquetas y anotaciones pueden ser más pequeñas [9].
* Datos prioritarios deben ser más grandes y en negrillas [9].
* Para otros datos que se busquen destacar se deben utilizar fuentes que sean más grandes que los de las etiquetas [9].

Es necesario comentar también que los tamaños de fuente dependerán en gran medida de donde se estén mostrando y como los usuarios estan viendo el monitor, se necesitarán fuentes más grandes si dichos monitores estarán mu lejos de los usuarios [9].

Texto Estático

Este término se refiere a los textos que no cambiarán en la interfaz durante su funcionamiento, aquí se incluyen los textos que pueden ser modificados por los usuarios con permisos para poder modificarlos, pero que no se modificarán con frecuencia [9].

A continuación, se muestran recomendaciones generales para los textos estáticos:

* Se debe reducir la utilización de abreviaturas ya que traducirlos a otros idiomas puede ser difícil [9].
* El tamaño debe ser acorde a su jerarquía y el tamaño del monitor [9].
* Debe diseñarse los espacios de los textos tomando en cuenta la traducción a otros idiomas [9].

Títulos

Los títulos son los textos que se muestran en la parte superior de la pantalla o de la página e identifica o describe el contenido de dicha página o pantalla [9].

A continuación, se muestran recomendaciones generales para los títulos:

* Se debe utilizar una fuente en negrillas [9].
* Se debe usar un tamaño de fuente grande [9].
* Los títulos deben estar en la misma posición en cada pantalla para que los usuarios puedan identificarlo más rápidamente [9].

Cabeceras de Columnas

Estos textos se muestran en la parte superior de una columna de datos o controles, su función es describir el contenido que viene debajo de ellos [9].

Para estos textos se podría recomendar, por ejemplo:

* Utilizar una fuente en negrilla [9].
* Se debe utilizar subrayado, delimitando que es el encabezado de los datos que vienen después [9].
* La primera columna debería tener un encabezado con justificación hacia la izquierda [9].
* Columnas anchas deben también tener títulos justificados a la izquierda [9].
* Las comunas estrechas, en cambio, deben tener los encabezados justificados en el centro [9].
* Los títulos de las columnas siguientes deben utilizar la misma justificación [9].

Cabeceras de Grupos

Las cabeceras de grupos permiten delimitar y describir un conjunto de datos o controles en la pantalla [9]. Las cabeceras de grupos deben ser justificados hacia la izquierda con una fuente en negrillas [9].

Etiquetas

Las etiquetas son cualquier tipo de texto descriptivo y estático dentro de la interfaz para elementos como los datos, grupos, títulos de la pantalla, etc [9]. Las etiquetas para los datos deben justificarse a la izquierda, mientras que los datos deben estar al a derecha o debajo de dicha etiqueta [9].

A continuación, se presentarán recomendaciones para la utilización correcta de etiquetas:

* Se debe utilizar texto gris oscuro, más no negro [9].
* Se debe utilizar la fuente Sans Serif [9].
* Si se opta por otra fuente, esta deberá ser legible y tener un tamaño adecuado [9].
* La fuente elegida debe ser utilizada para todas las fuentes del diseño, añadiendo coherencia [9].
* Las palabras en mayúsculas deben reservarse para palabras aisladas, títulos, etiquetas breves, y designaciones de equipos [9].
* Para los demás casos se debe utilizar mayúsculas y minúsculas para aumentar la legibilidad de las etiquetas [9].
* Se recomienda para distinguir el texto utilizar diferentes tamaños o usando diferentes colores, es decir, diferentes tonos de gris [9].

Además de las recomendaciones previamente expuestas, los nombres de los elementos deben ser claros y entendibles, es decir, no se deben referir a un tanque como ABDFE-MBR-5342 incluso si esa es su etiqueta, deberían referirse a el como “Tanque A“ o “Tanque de Filtrado C”, siendo más fácil de entender [9].

Datos Dinámicos

Como se dijo anteriormente, los datos deben presentarse de manera directa, y calara evitando distracciones, es decir, se debe proporcionar lo necesario y eliminar todo lo demás [9]. Un ejemplo es mostrar solamente el nivel de precisión necesario para que el usuario pueda trabajar de forma efectiva, es decir, si se requieren solo 2 decimales de precisión no debería mostrarse 3 o más [9]. La representación gráfica de los gráficos es más que necesaria y útil ya que permite que el usuario absorba la información con un vistazo rápido [9].

Datos de Texto Dinámico

Los datos de texto dinámico deben usarse en el mínimo de los casos, ya que llegan a ser difíciles de entender con un vistazo rápido y requieren un nivel elevado de enfoque [9].

Recomendaciones para datos de texto dinámicos:

* Las etiquetas deben estar al a izquierda o en la parte superior de los datos.
* Reducir el uso de abreviaciones ya que pueden dificultar la traducción a otros idiomas.

Datos Numéricos Dinámicos

Al igual que los datos de texto dinámicos este tipo de datos también son difíciles de entender de un vistazo rápido y requieren un nivel elevado de enfoque [9].

Recomendaciones para datos numéricos dinámicos:

* Las etiquetas deben estar a la izquierda o encima de los datos dinámicos [9].
* Este tipo de datos al ser numéricos deben tener sus correspondientes unidades de ingeniería, excepto si el contexto elimina esta necesidad o si el valor no tiene unidades [9].
* Es recomendable que las unidades de ingeniería aparezcan a la derecha o debajo de los datos numéricos dinámicos [9].
* Los datos numéricos del tipo entero deben evitar la utilización de un punto decimal [9].
* Si datos numéricos tienen como objetivo su comparación, estos deben justificarse, alineando sus puntos decimales [9].

Gráficos de Barra

Los gráficos de barra permiten mostrar una sola cantidad relacionándola con su límite, su rango o los umbrales de control y alarma, también se pueden utilizar varios gráficos de barras para representar una relación rápida y realizar comparaciones [9].

Las ventajas de este tipo de gráficos es que permite dar contexto en un espacio pequeño, al comparar el valor actual de los datos y su límites, con los gráficos de barra también se puede mostrar medidas que se asocian con elementos discretos [9]. Las desventajas en cambio son que no proporcionan datos históricos y su precisión numérica no es tan alta como el de una pantalla [9].

Elementos requeridos por un gráfico de barras:

* Contenedor de la barra y forma de fondo [9].
* Indicador del valor actual [9].

Componentes de categoría opcional para el gráfico de barras

* Nombre definido por el usuario [9].
* Nombre de etiqueta [9].
* Punto de alarma alta alta [9].
* Punto de alarma baja [9].
* Punto de alarma baja baja [9].
* Umbral alto, alto sin alarma [9].
* Umbral bajo sin alarma [9].
* Umbral bajo bajo sin alarma [9].
* Capacidad para configurar el número de marcas de graduación [9].
* Rango de funcionamiento normal [9].
* Set Point [9].
* Rango de funcionamiento histórico [9].
* Valor numérico del valor actual [9].
* Unidades de ingeniería [9].
* Indicación de alarma: que muestra la prioridad, así como el estado de la alarma. Las alarmas no reconocidas deben parpadear en gris, y las reconocidas deben mostrar continuamente el borde del color de la alarma [9].
* Notificaciones que permiten comunicación con los usuarios acerca de situaciones a normales que no son situaciones alarmantes [9].

A continuación, se presenta una imagen que muestra los elementos de un gráfico de barras.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama

Descripción generada automáticamente con confianza media

Figura 1.4 Elementos requeridos y opcionales de un gráfico de barra [9]

Recomendaciones para Gráficos de barra:

* El valor actual de la cantidad medida por el gráfico de barras debe mostrarse al lado o cerca de dicho gráfico, se debe procurar colocarlo debajo cuando sea posible [9].
* Los rangos de alarmas deben cambiar de colores para indicar la gravedad de las alarmas. Se debe ser consistente y coherente con los colores elegidos para otras alarmas anteriormente [9].
* Los gráficos de barras pueden tener dos orientaciones vertical y horizontal [9].
* Se recomienda siempre utilizar etiquetas que permitan la identificación del gráfico, y deberá estar directamente encima o debajo del gráfico [9]. La excepción es cuando el gráfico pertenece a un grupo que ya tiene una etiqueta [9].

Como se menciono anteriormente se puede agrupar varios gráficos de barras para realizar comparaciones de datos relacionados.

Recomendaciones para grupos de gráficos de barra:

* El grupo de gráficos debe tener una etiqueta de grupo [9].
* Se deben agrupar solo gráficos con datos que se relacionen entre sí [9].
* Si todos los gráficos comparten unidades solo se mostrarán dichas unidades una sola vez [9].
* Los gráficos de barras que pertenezcan al grupo deben tener una identificación para diferenciarlos entre ellos [9].
* Los gráficos que pertenecen al grupo pueden mostrar escalas individuales si es que no comparten un rango similar [9].

Tendencias

Los gráficos de tendencias como se expuso anteriormente permiten mostrar una variable a lo largo del tiempo, y sirven para comparar valores similares o relacionados [9].

La ventaja principal de los gráficos de tendencias es que permiten mostrar información histórica lo que habilita a loso usuarios comprender el estado actual y el futuro de ese elemento, en cambio su desventaja es que puede utilizar mucho espacio de la interfaz [9].

Los elementos requeridos dentro de un gráfico de tendencia son:

* Título de la tendencia
* Indicador del valor actual, es decir, las líneas de tendencia donde cada línea se diferenciará por un color diferente.

Existen elementos opcionales que son muy similares a los del gráfico de barras, como los puntos de alarma en sus distintos rangos, los rangos sin alarma, el “setpoint”, indicadores de alarmas, notificaciones y valores numéricos los demás elementos serían:

* Eje X y Eje Y [9].
* Límite mínimo y máximo para el eje Y [9].
* Escala para los dos ejes, como marcas de graduación o valores numéricos [9].
* Indicación de rango histórico [9].
* Navegación de tendencias [9].
* Reestablecer rango histórico [9].
* Funcionalidad de Panorama y Zoom [9].

Recomendaciones para los gráficos de Tendencias:

* Los gráficos de tendencias pueden tener datos históricos o en tiempo real [9].
* El eje Y permite indicar un límite mínimo y/o máximo [9].
* El rango de escala cambia según la selección del usuario [9].
* Los títulos o leyendas pueden representarse a través de texto, símbolos o ambos [9].
* La posición de dichas leyendas dependerá del espacio disponible [9].

Iconos

Tamaño

El tamaño de los iconos dependerá de si estos son botones o informativos, si son botones se recomienda un tamaño de 32x32, en cambio para los de información se recomienda 16x16 [9].

Color

Como se expuso anteriormente acerca del color, los iconos también deben cumplir con la coherencia estándar del diseño, es decir, si existen iconos de alarma estos deberán utilizar los mismos colores que los previamente asignados para alarmas en otros objetos, y solo estos podrán tener esos colores. Los iconos utilizados para la navegación no deberán tener ningún color, a menos que se refieran a una advertencia o problema [9].

Control de Entradas

Cada usuario tendrá su conjunto de tareas con objetivos que requerirán una seria de controles diferentes entre sí, se debe buscar dar solo las capacidades requeridas para lograr sus tareas [9]. Se debe buscar garantizar la coherencia entre los controles como [9], por ejemplo:

* Entre controles similares se deben tener métodos igualmente similares para ingresar información o comandos [9].
* La redacción, la ubicación de el área de entrada y de información, así como la ubicación de los controles de gestión de interfaz deben ser coherentes entre sí, se busca así minimizar las demandas de los usuarios [9].
* No debería ser parte del comportamiento de la interfaz que el usuario requiera que recuerden códigos o secuencias específicas ni tampoco que realicen traducciones o conversiones [9].
* Se debe buscar automatizar al máximo en cuanto a lo que se requiere por parte del usuario [9].
* Se debe asegurar que el proceso de ingresar comandos sea lógico e intuitivo [9].
* Se debe distinguir claramente entre los campos de entrada y los controles del texto estático, el usuario no debe buscar o cuestionar si un control lo es o no [9].
* Se debe permitir la capacidad de editar la entrada antes de aplicarla al sistema [9].
* Ejecutar acciones con consecuencias significativas deben implementar mecanismos de confirmación para evitar una activación no deseada [9].

Los usuarios deben saber cuando el sistema ha reconocido su comando y también el estado en el que esta luego de dicho comando, cuando uno de estos comandos requiere un procesamiento prolongado, se debe mostrar comentarios para que los usuarios sepan que el sistema se encuentra en funcionamiento, evitando que sigan haciendo clics en el comando o la entrada en búsqueda de una retroalimentación [9]. Entonces cuando el proceso finaliza también debe mostrarse un comentario [9].

Al presionar un botón el sistema debe proporcionar información de que dicho botón fue presionado, esto puede ser a través del mismo botón o un control cerca de dicho botón indicando el estado del objeto [9].

Los controles que tienen la opción de deshabilitarse deben tener un claro estado habilitado donde se pueden ejecutar comandos o ingresar datos, y también un estado deshabilitado donde dichas opciones no estan disponibles [9]. Se deben evitar también los botones con solo dos estados, es decir, un objeto motor puede tener un botón de “Inicio” y otro de “Parar” en vez de uno solo que cambie de etiqueta, con esto se busca evitar la operación no deseada por los usuarios al presionar el control varias veces [9].

Recomendaciones para el control de entradas:

* La acción de pasar el ratón sobre un objeto debe indicar que dicho objeto es un control procesable [9].
* Un control debe poder indicar que tiene la opción de desactivarse en función de la seguridad [9].
* Si un control puede deshabilitarse su apariencia también deberá cambiar en este estado [9].

Tamaño de Entrada

Los tipos de interacción que un HMI puede tener, sea teclado, mouse o un toque táctil afectarán el tamaño de las “hit zones” o zonas de impacto, así como la separación y espaciado entre los objetos [9]. Un toque táctil necesita de una mayor zona de impacto si se lo compara con el mouse y el teclado [9].

Se debe buscar que la biblioteca de objetos se dimensione para poder ser utilizado en entornos táctiles siguiendo las siguientes recomendaciones:

* Botones de comandos: La zona de impacto, para que un usuario interactúe debe tener mínimamente 40 píxeles de alto x 40 píxeles de ancho. El ancho puede variar si el texto supera el tamaño del botón [9].
* Botones de Navegación: Mínimo 35x35 píxeles, mientras que los botones de ayuda y los botones de los gráficos de tendencia son 32x32 píxeles [9].
* Los botones de paginación: 36 de alto x 26 de ancho en píxeles [9].
* Campos de entrada: 20 píxeles de alto y el ancho variará con la longitud de la entrada [9].
* “Checkboxes” y radio botones: Requieren una zona de impacto de 20 píxeles de altura para el caso de uso de mouse y 30 píxeles de altura para el caso de uso de toque táctil. En cambio, el ancho mínimo es de 20 píxeles para uso del ratón sin etiqueta, 30 píxeles de ancho para toques táctiles sin etiquetas [9].
* Controles con etiquetas: Deberán incluir el control y la etiqueta en la zona de impacto [9].
* Botones Toggle(Alternadores): Requieren una altura de 28 píxeles y un acho que incluya la etiqueta de alternancia [9].
* Área de toque mínima para un objeto en la pantalla: 30 x 30 píxeles es el mínimo absoluto, por defecto se sugiere 40 x 40 píxeles, incluyendo el objeto entero que puede ser más grande [9].
* Botones comandos deben tener 10 píxeles de espaciado entre ellos [9].
* Los botones de navegación deben tener 2 píxeles de espaciado [9].

Botones de Comando

Estos botones han sido diseñados para ser utilizados con la entrada de operadores booleanos que devuelven un cambio de estado o modo de funcionamiento, cada estado deberá tener su propio botón de comando independiente [9].

Recomendaciones para la implementación de botones de comando:

* El tamaño mínimo del área de contacto será tan grande como la punta de un dedo para que un operador no falle en la presión de un botón [9].
* La zona táctil puede ser más grande que lo anterior expuesto pero los límites, es decir, las separaciones deben mantenerse [9].
* Se deben colocar separaciones entre los botones de comando para evitar así que se ejecuten operaciones no intencionadas [9].
* La apariencia de estos botones debe diferenciarse claramente de los de navegación evitando que se emita un comando cuando un usuario tenía intención de navegar a otra pantalla [9].
* La apariencia de los botones debe diferenciarse claramente cuando estan seleccionados o presionados [9].
* Texto o ícono en el botón:
  + Debe mostrar el comando que se va a iniciar, no el estado actual del botón o de su variable asociada [9].
  + Debe estar justificado en el centro [9].

Los comandos bien conocidos como Guardar, Restaurar, Descargar, Crear, Eliminar o Renombrar deben ser tratados como botones de comando [9].

Botones de Navegación

Se llaman de navegación por que estos botones permiten moverse a través de las distintas páginas, pantallas, o ventanas dentro del diseño del HMI [9].

Las recomendaciones para la implementación de botones de navegación son muy similares a las de los botones de Comando, añadiendo otras como:

* Los botones de navegación entre pestañas y páginas deben variar su apariencia mostrando que pestaña o página está en uso [9].
* El texto de la pestaña, página o el botón debe referirse al destino de la navegación [9].

Botones Toggle(Alternadores o Interruptores)

Este tipo de objetos fueron diseñados para implementarse en funciones de encendido y apagado o habilitado y deshabilitado.

Recomendaciones generales para los botones Toggle:

* La zona de impacto puede ser más grande que el botón, manteniendo los limites con los separadores, sin embargo, si los botones alternadores aparecerán en pantallas de usuarios más avanzados el área táctil puede reducirse ya que es más probable el uso de un ratón que tendrá más precisión que un toque táctil [9].
* Estos botones deben tener necesariamente una etiqueta, excepto si el contexto de donde se encuentra le permite eliminar esa necesidad [9].
* Las etiquetas de estos botones se mostrarán a la derecha, izquierda, arriba o abajo del botón alternador [9].
* Se deben utilizar la posición y el color para indicar la selección actual del botón [9].
* Las etiquetas de los botones serán de estado como por ejemplo encendido y apagado [9].

Checkboxes

Este tipo de objetos estan destinados para su utilización con datos de configuración booleana que tienen un estado “habilitado” y otro “deshabilitado”, se recomienda que los checkboxes reflejen un estado positivo, es decir, por ejemplo, una etiqueta de configuración con “Retroalimentación de marcha” dentro de un motor significará “Este motor tiene retroalimentación de marcha”, entonces cuando la casilla es marcada se configurará el motor para que tenga la retroalimentación de marcha [9].

Recomendaciones para la implementación de checkboxes:

* Las etiquetas de las checkboxes deben aparecer a la derecha de dicha checkbox y deben justificarse a la izquierda [9].
* Si una checkbox incluye una etiqueta, el área táctil de la checkbox incluirá también a la etiqueta [9].
* Los botones de radio y las checkboxes deberán tener el mismo tamaño [9].
* Se debe utilizar una marca para indicar la selección de un valor dentro de la checkbox [9].
* Además se puede agregar un tercer estado, el indeterminado donde no será ni positivo ni negativo, y también deberá tener una representación [9].

Botones de Radio

Este tipo de botones se diseñaron para implementarse en configuraciones que tengan más de dos selecciones, es decir, los estados de activado y desactivado tienen un significado que el usuario comprende [9].

Recomendaciones generales para los botones de radio:

* Se deben utilizar estos botones cuando existan 8 opciones o menos [9].
* Las listas de botones de Radio no deben cambiar excepto si la lista toma en cuenta la configuración actual del dispositivo [9].
* Los botones de radio que estan agrupados no requieren limitaciones o separaciones adicionales entre ellos [9].

Entrada Directa de Datos

La entrada de directa de datos se realiza a través de un campo editable dentro de la pantalla o a través de una ventana emergente que se ejecuta al dar clic sobre el valor que se desea modificar [9].

Recomendaciones generales para la entrada de datos directa:

* Se debe evitar que los usuarios ingresen datos que no estén dentro de los rangos válidos para cada variable [9].
* La entrada de datos analógicos debe mostrar a sus usuarios la unidad de ingeniería si es requerida [9].
* Se debe mostrar el valor máximo y el valor mínimo admitidos del valor que se está modificando [9].
* Las etiquetas y las unidades de ingeniería se mostrarán, pero con una fuente más pequeña que los datos, es decir, los datos deben destacar siempre [9].
* Se deben administrar las excepciones, los desbordamientos y los subdesbordamientos cuando se refiere a datos numéricos de punto flotante [9].

Controles deslizantes (Sliders)

Los controles deslizantes permiten que el usuario cambie los datos analógicos, a través de una representación en forma de objeto gráfico, existen dos tipos de controles deslizantes:

* De impacto inmediato [9].
* De impacto luego de alzar el ratón y/o realizar la verificación [9].

Recomendaciones generales para la implementación de controles deslizantes:

* Los controles deslizantes se utilizarán para la modificación de datos analógicos, pero también pueden usarse para evitar la utilización de un campo de entrada de datos [9].
* El indicado mostrará la posición actual del control, y también mostrará sus límites [9].
* El control deslizante debe poder diferenciarse claramente de un gráfico de barras [9].

Entradas de Texto

Este tipo de entradas deben incluir las descripciones apropiadas, validaciones y etiquetas. Recomendaciones para la implementación de entrada de texto:

* Los campos de entrada basarán su tamaño en su jerarquía, así como el tamaño de la pantalla [9].
* Estos objetos deben tener contexto, para ello se puede mover la entrada colocándolo cerca de un objeto o de una etiqueta estática [9].
* Las etiquetas de texto deben mostrarse a la izquierda o también pueden estar encima del campo de entrada de texto [9].

Configuraciones de Seguridad

Recomendaciones para implementar configuraciones de seguridad:

* Los controles deben mostrar visualmente cuando los usuarios tienen acceso restringido a un objeto debido a la seguridad [9].
* La seguridad puede restringir a los usuarios por su rol, también puede refringirlo dependiendo de si esta calificado o no para una función, finalmente se puede restringir por la ubicación del dispositivo HMI [9].

El acceso a los distintos controles, así como las funciones del HMI debe administrarse mediante la implementación de los siguientes escenarios de seguridad:

* Reconocimiento y Restablecimiento de Alarmas [9].
* Configuración de alarma [9].
* Deshabilitar alarmas [9].
* Archivar alarmas [9].
* Anular permisos e interbloqueos [9].
* Poner el dispositivo en servicio o fuera de el [9].
* Cambiar configuraciones de seguridad del dispositivo [9].
* Cambiar configuraciones avanzadas del dispositivo [9].
* Modificar tiempos de retardo de alarma [9].
* Cambiar configuraciones de la interfaz HMI del dispositivo [9].
* Configurar los límites de los dispositivos [9].
* Configurar temporizadores de dispositivos [9].
* Cambiar los parámetros de configuración [9].
* Poner el dispositivo en modo simulación [9].
* Ingresar puntos de ajuste y variables de control [9].
* Anular entradas [9].
* Anular salidas [9].
* Procesamiento de excepciones [9].
* Anulación de parámetros de fase descargados [9].
* Anulación de “setpoints” previamente descargados [9].
* Seleccionar, ejecutar, mantener y reiniciar procedimientos, secuencias y ejecuciones por lotes [9].
* Control manual del control de supervisión [9].
* Forzar estados [9].
* Restablecer acumuladores de tiempo de ejecución [9].
* Responder las indicaciones [9].

Existen tres tipos de seguridad a ser considerados los cuales se expondrán en los siguientes puntos.

Seguridad basada en el rol

Este tipo de seguridad brinda a los usuarios acceso a distintos controles, así como diferentes variables y datos basándose en el rol que tienen dentro de la planta, ejemplos de roles pueden ser operador, técnico de mantenimiento, ingeniero, etc [9]. Cada planta tendrá diferentes roles, por lo que cada rol verá y tendrá disponible diferentes opciones, aquellos controles deshabilitados se mostrarán entonces en escalas de grises para diferenciarse de los controles disponibles [9].

Calificación del usuario

Cuando existen plantas más grandes, los usuarios estan limitados a tener acceso únicamente a sus propias áreas de trabajo, es decir, un operador solo podrá operar equipos en un área de la planta pero no fuera ni de otra planta diferente [9].

Ubicación de la estación de trabajo

En sistemas más grandes, donde existen múltiples estaciones de trabajo, las operaciones del equipo se restringirán solo a ciertas áreas de trabajo o estaciones de trabajo, un ejemplo claro de esto es el “Control de línea de visión” que tendrá su estación de trabajo justo dentro del sitio que se encuentra controlando [9].

Funcionalidad de Alarmas

La funcionalidad de alarmas en los HMI es imprescindible ya permite atraer la atención de los usuarios acerca de una notificación acerca de condiciones anormales que deben ser atendidas en breve [9].

Las alarmas deberán tener un apartado para observar las alarmas más recientes, así como las de mayor prioridad, los usuarios deben poder administrar las alarmas, interactuando con ellas y filtrándolas a través del resumen de alarmas [9].

Para proporcionar contexto las alarmas deben mostrarse junto al elemento que las ejecutará, además las alarmas no reconocidas utilizarán una animación parpadeante hasta que sean reconocidas por el usuario [9].

Configuración adecuada del resumen de alarmas

El resumen de alarmas es un área que puede expresarse en forma de una sección de la interfaz HMI o una ventana emergente, permite a los usuarios ver e interactuar con un resumen de cada una de las alarmas y eventos ejecutándose en el área de proceso [9]. Dentro del resumen de alarmas los usuarios también pueden reconocer, suprimir, deshabilitar, archivar o quitar las alarmas, además se ofrece una opción de filtrado para las alarmas del proceso actual, es decir, si el usuario cambia el área de proceso el resumen de las alarmas se actualizará automáticamente [9].

Además del resume de alarmas pueden existir otras secciones de alarmas como las siguientes:

* Historial de alarmas: Como se puede deducir de su nombre, aquí se mostrarán los datos históricos de las alarmas [9].
* Alarmas Archivadas: Aquí se mostrará la lista de alarmas definidas como archivadas proporcionando opciones para quitarlas [9].
* Explorador de Alarmas: En esta sección se mostrarán todas las alarmas existentes, así como el estado actual en el que se encuentran y la capacidad para habilitarlas o deshabilitarlas, eliminarlas, archivarlas y también poder ver los comentarios del operador [9].

Representación adecuada de alarmas

Las alarmas deben ser claramente diferenciables de otros objetos a través del color, la forma, y el ícono que indique la existencia de una alarma, además de dichos componentes visuales, también se puede mostrar un borde alrededor del componente [9]. El color del borde coincidirá necesariamente con el color de la prioridad de la alarma y del icono de alarma, cuando se trata de alarmas no reconocidas el borde parpadeará entre un borde gris y un borde de color [9]. Cuando se reconozca la alarma, el borde permanecerá con el mismo color dela alarma hasta que dicha alarma sea atendida y resulta [9].

Banner de Alarma

El banner de alarma sirve para que sea acoplado a cada pantalla permitiendo así a los usuarios saber si esa sucediendo una alarma, sin importar la pantalla en al que se encuentren [9]. El banner de alarma puede ser implementado de distintas formas, una de ellas es en forma de encabezado y mostrando la última alarma, sin embargo, también puede evitarse su creación al asignarse una página solamente para las alarmas [9].

Representación y funcionalidad del archivador de alarmas

La acción de archivar una alarma, significa suprimirla temporalmente para evitar el desorden y las distracciones en las pantallas donde la alarma se activó, esta acción se realiza manualmente, donde el operador tendrá que especificar la duración de la alarma en estado archivada [9]. La alarma luego de que suceda el tiempo especificado se retirará del archivador y volverá a estar activa [9]. Cuando una alarma es archivada esta es retirada del área de resumen y se mueve a la sección de alarmas archivadas [9].

La acción de archivar se mostrará en los siguientes contextos:

* En el resumen de alarmas: Desde esta área se podrá archivar las alarmas que se muestren [9].
* Alarma archivada: Desde aquí se pueden ver, archivar y también quitar las alarmas de esta vista [9].
* Pantalla HMI: Cuando una alarma es archivada deberá mostrarse un icono de alarma archivada donde corresponda [9].

Notificaciones que no son de alarma que requieren respuesta

Alertas

Las alertas son muy similares a las alarmas, se diferencian en que una alerta se mostrará por separado y no ha cumplido los criterios suficientes para considerarse alarma [9]. Existen dos tipos de alertas:

* Advertencia: Es un tipo de notificación acerca de una condición anormal pero que no requiere respuesta [9].
* Un aviso: Es una notificación de una condición normal pero que requiere de una respuesta [9].

Las advertencias y los avisos no deberán utilizar los mismos colores de una alarma. También se deberán poder diferenciar de las condiciones normales para que el usuario note su existencia con claridad. Una advertencia usualmente no deberá parpadear [9].

Eventos

Un evento no es un tipo de notificación al solamente registrarse pero no es notificada, es decir, un evento no se mostrará en la pantalla del operador y en el caso de mostrarse solo será de forma referencial sin resaltar [9].

Se debe exponer la literatura relevante relacionada con el tema. Se incluyen los argumentos y controversias que justifican la validez del proyecto, con una revisión bibliográfica pertinente. En el Marco Teórico se debe responder a las preguntas:

¿Qué es lo que se sabe acerca del tema en el cual se enmarca el proyecto?

¿Cómo se relaciona el estudio con trabajos anteriores del área?

¿Cuáles son los debates, críticas, vacíos existentes en el tema a abordarse?

El empleo de subtítulos es a discreción del estudiante y su director

# METODOLOGÍA

Según [1]: la metodología “representa el cómo del Proyecto Integrador. En esta sección defina la forma en la que se desarrollará el proyecto. Inicialmente se define el tipo de investigación en la cual se inscribe este proyecto (básico, aplicado, exploratorio, descriptivo, explicativo). Posteriormente se especifican las técnicas e instrumentos a emplear para recolectar información (observación, experimentación, consulta, encuesta, entrevista, foro, entre otros), con los que se recogerá, organizará, sistematizará, interpretará y analizará la información. Finalmente se definen las diferentes etapas o fases metodológicas que permitirán estructura adecuadamente el desarrollo del Proyecto Integrador”.

## EJEMPLOS DE USO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES

….un ejemplo se presenta en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Resultados de las pruebas realizadas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No. Prueba** | **Resultado** | **Tiempo [s]** |
| 1 | 10 | 0.9 |
| 2 | 5 | 0.5 |

…a continuación el ejemplo se presenta en la Figura 2.1.

**Figura 2.1.** Resultados de las pruebas realizadas

…la Ecuación 2.1 permite ejemplificar la incorporación de una fórmula.

(2.1)

## TIPOGRAFÍA

Un resumen de la tipografía se presenta en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Tipografía

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Texto** | **Tamaño** | **Fuente** | **Estilo** | **Ejemplo** |
| Normal | 11 | Arial | Normal, Alineado justificado | Texto de párrafo |
| Nivel 1 | 16 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 1 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1 METODOLOGÍA** |
| Nivel 2 | 14 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 2 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1 SUBCAPÍTULO 1** |
| Nivel 3 | 12 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 3 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1.1 SUBCAPÍTULO 2** |
| Nivel 4 | 12 | Arial | Minúsculas, negrilla, estilo Título 4 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1.1.1 Subcapítulo 3** |

En caso de ser necesario se podrá incluir un quinto nivel con tamaño de letra 11, fuente Arial, en minúsculas cursivas, estilo subtítulo numerado, alineación izquierda sin sangría.

## ESPACIADO

Todo el documento debe tener espaciado de 1,5. Las tablas pueden usar espaciado simple y de ser necesario para sus contenidos se podrá utilizar un tamaño de letra menor a 11 y mayor a 8.

## NUMERACIÓN

Un resumen de la numeración se presenta en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Numeración

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Estilo** | **Número** |
| Tabla | Superior al elemento, Alineado centro | Continuo, Número arábigo |
| Figura | Inferior al elemento, Alineado centro | Continuo, Número arábigo |
| Ecuación | A la derecha del elemento, Alineado margen derecho | Continuo, Número arábigo |
| Páginas | Inferior  Centro | Continuo, En número romano hasta resumen y en arábigo hasta el final |
| Anexos |  | Continuo, letras mayúsculas |

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se debe presentar los resultados más relevantes obtenidos de la evaluación del producto final demostrable, aquellos que servirán para determinar la funcionalidad del mismo. En Anexos se deberá adjuntar los registros de forma detallada.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES

En esta sección se debe incluir el análisis de los resultados obtenidos. Evaluar el impacto de la solución en los ámbitos disciplinar-investigativo, social o laboral-profesional.

## RECOMENDACIONES

Se deberán incluir recomendaciones con la finalidad de definir posibles futuros Trabajos de Titulación.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Listar todas las referencias bibliográficas citadas en el texto, siguiendo las normas de estilo IEEE).

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139. |

[1] “Ingeniería en Electrónica y Control - Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - FIEE”. https://fiee.epn.edu.ec/index.php/oferta-academica/pregrado/ingenieria-en-electronica-y-control (consultado dic. 12, 2020).

[2] “Wonderware California”. https://california.wonderware.com/Licenses/LicenseInfo.aspx (consultado dic. 12, 2020).

[3] F. Adamo, F. Attivissimo, G. Cavone, y N. Giaquinto, “SCADA/HMI Systems in Advanced Educational Courses”, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 56, núm. 1, pp. 4–10, feb. 2007, doi: 10.1109/TIM.2006.887216.

[4] C. Coro y C. Fabricio, “Importancia del uso del sistema scada para el desarrollo empresarial”, ago. 2019, Consultado: mar. 15, 2021. [En línea]. Disponible en: http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/10386/1/PIUSDSIS024-2019.pdf

[5] J. Colomer, J. Ayza, y J. Meléndez, “Sistemas de Supervisión”. CEA-IFAC, 2000.

[6] D. Pliatsios, P. Sarigiannidis, T. Lagkas, y A. G. Sarigiannidis, “A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics”, *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 22, núm. 3, pp. 1942–1976, 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.2987688.

[7] V. Schiffer, “COMMON INDUSTRIAL PROTOCOL (CIPTM ) AND THE FAMILY OF CIP NETWORKS”. ODVA, Inc, feb. 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.odva.org/wp-content/uploads/2020/06/PUB00123R1\_Common-Industrial\_Protocol\_and\_Family\_of\_CIP\_Networks.pdf

[8] M. D. Sheet Khattab, “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF USER INTERFACE; STRATEGIES FOR EFFECTIVE HUMAN COMPUTER INTERFACE”, University of Technology, Iraq - Baghdad, 2007. Consultado: nov. 15, 2021. [En línea]. Disponible en: https://uotechnology.edu.iq/ce/english/thesis/thesisMsc2007/2007%20Muna%20Dhia%20Sheet%20Khattab.pdf

[9] Rockwell Automation, Ed., “Rockwell Automation - Process HMI Style Guide”. Rockwell Automation, may 2019. Consultado: nov. 15, 2021. [En línea]. Disponible en: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/proces-wp023\_-en-p.pdf

# ANEXOS

En caso necesario, el documento escrito deberá incluir los anexos y secciones que incorporan información que sea relevante al proyecto, pero que por su extensión, no pueden ser incorporadas directamente en ninguna de las secciones anteriores. Normalmente, en la sección de Anexos se incluyen conjuntos de datos extensos, tablas y figuras, así como formatos de encuestas, entrevistas, enlaces hacia videos o programas que sean productos o formen parte del Proyecto Integrador.

Lo siguiente es un ejemplo de Anexos:

ANEXO A. Resumen básico de la guía de estilo para referencias de la IEEE

ANEXO B. Conjunto de Tablas Extensas

**ANEXO A**

Resumen básico de la guía de estilo para referencias de la IEEE.

***Basic format for books:***

J. K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of His Published Book, x*th ed. City of Publisher, (only U.S. State), Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. *x*, sec. *x*, pp. *xxx–xxx.*

*Examples:*

1. G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in *Plastics,* 2nd ed., vol. 3, J. Peters, Ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
2. W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems.* Belmont, CA, USA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.

***Basic format for periodicals:***

J. K. Author, “Name of paper,” *Abbrev. Title of Periodical*, vol. *x, no*. *x,* pp*. xxx-xxx,* Abbrev. Month, year, DOI. 10.1109.*XXX*.123456.

*Examples:*

1. J. U. Duncombe, “Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, no. 1, pp. 34–39, Jan. 1959, 10.1109/TED.2016.2628402.
2. E. P. Wigner, “Theory of traveling-wave optical laser,”   
   *Phys. Rev*.,   
   vol. 134, pp. A635–A646, Dec. 1965.
3. E. H. Miller, “A note on reflector arrays,” *IEEE Trans. Antennas Propagat*., to be published.

***Basic format for reports:***

J. K. Author, “Title of report,” Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, Rep. *xxx*, year.

*Examples:*

1. E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, “Oxygen absorption in the earth’s atmosphere,” Aerospace Corp., Los Angeles, CA, USA, Tech. Rep. TR-0200 (4230-46)-3, Nov. 1988.
2. J. H. Davis and J. R. Cogdell, “Calibration program for the 16-foot antenna,” Elect. Eng. Res. Lab., Univ. Texas, Austin, TX, USA, Tech. Memo. NGL-006-69-3, Nov. 15, 1987.

***Basic format for handbooks:***

*Name of Manual/Handbook, x* ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, year, pp. *xxx-xxx.*

*Examples:*

1. *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, USA, 1985, pp. 44–60.
2. *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, USA, 1989.

***Basic format for books (when available online):***

J. K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of Published Book*, *x*th ed. City of Publisher, State, Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. *x*, sec. *x*, pp. *xxx–xxx*. [Online]. Available: http://www.web.com

*Examples:*

1. G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in Plastics, vol. 3, Polymers of Hexadromicon, J. Peters, Ed., 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64. [Online]. Available: http://www.bookref.com.
2. *The Founders’ Constitution*, Philip B. Kurland and Ralph Lerner, eds., Chicago, IL, USA: Univ. Chicago Press, 1987. [Online]. Available: http://press-pubs.uchicago.edu/founders/
3. The Terahertz Wave eBook. ZOmega Terahertz Corp., 2014. [Online]. Available: http://dl.z-thz.com/eBook/zomega\_ebook\_pdf\_1206\_sr.pdf. Accessed on: May 19, 2014.
4. Philip B. Kurland and Ralph Lerner, eds., *The Founders’ Constitution.* Chicago, IL, USA: Univ. of Chicago Press, 1987, Accessed on: Feb. 28, 2010, [Online] Available: http://press-pubs.uchicago.edu/founders/

***Basic format for journals (when available online):***

J. K. Author, “Name of paper,” *Abbrev. Title of Periodical*, vol. *x*, no. *x*, pp. *xxx-xxx*, Abbrev. Month, year. Accessed on: Month, Day, year, DOI: 10.1109.*XXX*.123456, [Online].

*Examples:*

1. J. S. Turner, “New directions in communications,” *IEEE J. Sel. Areas Commun*., vol. 13, no. 1, pp. 11-23, Jan. 1995.
2. W. P. Risk, G. S. Kino, and H. J. Shaw, “Fiber-optic frequency shifter using a surface acoustic wave incident at an oblique angle,” *Opt. Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 115–117, Feb. 1986.
3. P. Kopyt *et al., “*Electric properties of graphene-based conductive layers from DC up to terahertz range,” *IEEE THz Sci. Technol.,* to be published. DOI: 10.1109/TTHZ.2016.2544142.

***Basic format for papers presented at conferences (when available online):***

J.K. Author. (year, month). Title. presented at abbrev. conference title. [Type of Medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. PROCESS Corporation, Boston, MA, USA. Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity. Presented at INET96 Annual Meeting. [Online]. Available: http://home.process.com/Intranets/wp2.htp

***Basic format for reports and handbooks (when available online):***

J. K. Author. “Title of report,” Company. City, State, Country. Rep. no., (optional: vol./issue), Date. [Online] Available: site/path/file

*Examples:*

1. R. J. Hijmans and J. van Etten, “Raster: Geographic analysis and modeling with raster data,” R Package Version 2.0-12, Jan. 12, 2012. [Online]. Available: http://CRAN.R-project.org/package=raster
2. Teralyzer. Lytera UG, Kirchhain, Germany [Online]. Available: http://www.lytera.de/Terahertz\_THz\_Spectroscopy.php?id=home, Accessed on: Jun. 5, 2014

***Basic format for computer programs and electronic documents (when available online):***

Legislative body. Number of Congress, Session. (year, month day). *Number of bill or resolution*, *Title*. [Type of medium]. Available: site/path/file

***NOTE:*** ISO recommends that capitalization follow the accepted practice for the language or script in which the information is given.

*Example:*

1. U.S. House. 102nd Congress, 1st Session. (1991, Jan. 11). *H. Con. Res. 1, Sense of the Congress on Approval of Military Action*. [Online]. Available: LEXIS Library: GENFED File: BILLS

***Basic format for patents (when available online):***

Name of the invention, by inventor’s name. (year, month day). Patent Number[Type of medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. Musical toothbrush with mirror, by L.M.R. Brooks. (1992, May 19). Patent D 326 189

[Online]. Available: NEXIS Library: LEXPAT File: DES

***Basic format for conference proceedings (published):***

J. K. Author, “Title of paper,” in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Abbrev. State (if given), Country, year, pp. *xxxxxx.*

*Example:*

1. D. B. Payne and J. R. Stern, “Wavelength-switched pas- sively coupled single-mode optical network,” in *Proc. IOOC-ECOC,* Boston, MA, USA,1985,   
   pp. 585–590.

***Example for papers presented at conferences (unpublished):***

1. D. Ebehard and E. Voges, “Digital single sideband detection for interferometric sensors,” presented at the *2nd Int. Conf. Optical Fiber Sensors,* Stuttgart, Germany, Jan. 2-5, 1984.

***Basic format for patents:***

J. K. Author, “Title of patent,” U.S. Patent *x xxx xxx*, Abbrev. Month, day, year.

*Example:*

1. G. Brandli and M. Dick, “Alternating current fed power supply,” U.S. Patent 4 084 217, Nov. 4, 1978.

***Basic format for theses (M.S.) and dissertations (Ph.D.):***

a) J. K. Author, “Title of thesis,” M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

b) J. K. Author, “Title of dissertation,” Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

*Examples:*

1. J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, USA, 1993.
2. N. Kawasaki, “Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow,” M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.

***Basic format for the most common types of unpublished references:***

a) J. K. Author, private communication, Abbrev. Month, year.

b) J. K. Author, “Title of paper,” unpublished.

c) J. K. Author, “Title of paper,” to be published.

*Examples:*

1. A. Harrison, private communication, May 1995.
2. B. Smith, “An approach to graphs of linear forms,” unpublished.
3. A. Brahms, “Representation error for real numbers in binary computer arithmetic,” IEEE Computer Group Repository, Paper R-67-85.

***Basic formats for standards:***

a) *Title of Standard*, Standard number, date.

b) *Title of Standard*, Standard number, Corporate author, location, date.

*Examples:*

1. IEEE Criteria for Class IE Electric Systems, IEEE Standard 308, 1969.
2. Letter Symbols for Quantities, ANSI Standard Y10.5-1968.

***Article number in reference examples:***

1. R. Fardel, M. Nagel, F. Nuesch, T. Lippert, and A. Wokaun, “Fabrication of organic light emitting diode pixels by laser-assisted forward transfer,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 91, no. 6, Aug. 2007, Art. no. 061103.
2. J. Zhang and N. Tansu, “Optical gain and laser characteristics of InGaN quantum wells on ternary InGaN substrates,” *IEEE Photon. J.*, vol. 5, no. 2, Apr. 2013, Art. no. 2600111

***Example when using et al.:***

S. Azodolmolky *et al.*, Experimental demonstration of an impairment aware network planning and operation tool for transparent/translucent optical networks,” *J. Lightw. Technol.*, vol. 29, no. 4, pp. 439–448, Sep. 2011.

**ANEXO B**

Aquí va el contenido del Anexo B.

La numeración de los Anexos debe realizarse con letras mayúsculas.

**ORDEN DE EMPASTADO**