

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

CONTROL DE PROCESO DIDÁCTICO MEDIANTE COMUNICACIÓN DALI
Y PROTOCOLO MQTT

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

Alumno: Oscar Andrés Ponce González

Profesor Guía: Martín García Gutiérrez

2025

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Control de proceso didáctico mediante comunicación DALI y protocolo MQTT.

Nombre del candidato(a): Oscar Andrés Ponce González

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Campus: Sede Viña del Mar Departamento: Electrotecnia e Informática, ELINF

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, _____ Martín García Gutiérrez _____, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):


6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 24 de octubre 2025

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 24 de oct. de 25 Firma: 

Resumen

KEYWORDS: MQTT, DALI, Profinet, PLC, control, automatización, iluminación, nube, IoT.

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un proyecto didáctico diseñado para la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial. Su objetivo principal es la integración de protocolos de comunicación modernos, como MQTT y DALI, de forma centralizada.

Como resultado fundamental de este estudio, se genera un documento que incluye el diseño de dos guías de implementación y una experiencia de laboratorio. Este recurso no solo permitirá a los estudiantes aplicar de manera práctica los conocimientos teóricos, sino también podrán ejercitar el control y la supervisión de dispositivos (como luminarias DALI a través de MQTT) directamente mediante la red. De esta forma, fortalecerán sus competencias en un entorno controlado.

ÍNDICE

Resumen	3
Capítulo 1 : CONTEXTUALIZACIÓN Y ALCANCE.....	8
1.1 Antecedentes Generales	9
1.2 Planteamiento del Problema	10
1.3 Causas.....	10
1.4 Consecuencias	11
1.5 Propuesta Final:.....	11
1.6 Valor agregado	12
1.7 Objetivos	13
1.7.1 Objetivo general	13
1.7.2 Objetivos específicos.....	13
1.8 Definiciones importantes:	14
1.8.1 MQTT.....	14
1.8.2 DALI	15
1.9 Descripción de módulos a utilizar:.....	16
1.9.1 HD67848-B2.....	16
1.9.2 HD67952-B2.....	17
1.10 Tecnologías a utilizar:	19
1.10.1 PROFINET:.....	19
1.10.2 Switch.....	21
1.10.3 PLC (Controlador Lógico Programable).....	21
1.10.4 IoT (Internet of Things).....	22
1.11 Estructura del proyecto y alcance.....	23
Capítulo 2 : IMPLEMENTACIÓN.....	24

2.1 Implementación de MQTT Y DALI:	25
2.1.1 Direcciones IP y segmentos de red:	26
2.1.2 Configuración de IP	27
2.2 MQTT.....	31
2.2.1 Creación de BROKER	33
2.2.2 Espacios de memoria.....	37
2.2.3 XML.....	38
2.2.4 Control de memoria y tópicos	41
2.3 DALI	43
2.3.1 Compositor SW67848.....	43
2.3.2 DALI_CONSOLE.....	44
2.3.3 Configuración DALI.....	45
2.3.4 DALI Access.....	48
2.3.5 Archivo XML.....	50
2.3.6 Enlace entre DALI_CONSOLE y SW67848.....	50
2.3.7 Conceptos básicos de DALI_CONSOLE	51
2.4 Problemas con salida a internet.....	52
2.4.1 Diagrama de flujo.....	54
2.4.2 Programación Ladder.....	55
2.5 Resultados del Proyecto	56
Capítulo 3 : COSTOS Y ENTREGABLES	58
3.1 Costos.....	59
3.1.1 Carta Gantt:	59
3.1.2 Valor de la implementación:	60
3.1.3 Valor Total:	61

3.2 Resumen de costos	61
3.3 Experiencias de laboratorio	62
3.3.1 Trabajos a desarrollar en guía 1	62
3.3.2 Trabajos a desarrollar en guía 2	71
CONCLUSIONES	84
Anexo	85

Introducción

Este proyecto surge como una respuesta directa a este desafío técnico. Su propósito principal es la investigación, desarrollo e implementación de un sistema de control que logre la comunicación y la integración funcional entre dos tecnologías: DALI y MQTT. Para ello, se utilizarán recursos y equipos disponibles en el entorno universitario, aplicando un proceso de pruebas que demuestre la viabilidad y efectividad de esta interconexión en un contexto de automatización industrial.

También se le dará gran valor al resultado de esta implementación práctica con la elaboración de un documento didáctico. Este material incluirá guías de laboratorio diseñadas para generar un desafío relacionado con la configuración de las redes, y fundamentalmente, el control y la interacción de equipos, demostrando también la aplicación exitosa de los protocolos MQTT y DALI en un escenario de automatización industrial.

CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN Y ALCANCE

1 contextualización y alcance

La automatización industrial ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años, impulsada por la digitalización de procesos y la necesidad de interconectar distintos sistemas de control. Hoy en día, los equipos ya no funcionan de manera aislada, sino que dependen de protocolos de comunicación que les permiten transmitir información de forma remota, rápida y confiable. Esto ha llevado a que las arquitecturas modernas se apoyen cada vez más en redes de comunicación y en la integración de tecnologías diversas dentro de un mismo entorno.

En este contexto, han surgido protocolos que se han vuelto fundamentales en áreas específicas. Entre ellos se encuentran MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), un protocolo ligero de mensajería basado en el modelo publish/subscribe, ideal para la comunicación entre dispositivos distribuidos, y DALI (Digital Addressable Lighting Interface), un estándar diseñado para el control digital de luminarias y equipos de iluminación. Aunque ambos responden a necesidades distintas, en conjunto ofrecen una oportunidad interesante para explorar nuevas formas de control e interconexión en sistemas automatizados.

En la Universidad Técnica Federico Santa María Sede José Miguel Carrera (UTFSM JMC), recientemente se incorporaron módulos que permiten trabajar con estas tecnologías. Sin embargo, debido a su llegada reciente, aún no se ha realizado una implementación práctica que muestre cómo configurarlos y utilizarlos de manera integrada. Esta situación genera un vacío, ya que, a pesar de contar con el equipamiento, todavía no se dispone de una referencia aplicada que permita aprovecharlo plenamente.

De ahí surge la importancia de realizar un trabajo que implemente por primera vez la integración de MQTT y DALI en la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial (PIECII), y de esta forma se compruebe en la práctica su funcionamiento y genere como resultado documentos y guías que faciliten su futura aplicación en proyectos de investigación y en la formación de estudiantes

1.1 Planteamiento del Problema

El principal problema es la falta de un procedimiento documentado que muestre cómo configurar los módulos, cómo establecer la comunicación entre ambos protocolos y cómo comprobar que la integración funciona correctamente. Esta carencia deja sin respuesta preguntas básicas que surgen en un contexto académico: ¿cómo se ponen en marcha los equipos?, ¿qué pasos se deben seguir para su conexión?, ¿qué resultados se pueden esperar de su integración?

En consecuencia, el equipamiento permanece sin aplicación clara, y estudiantes y docentes no cuentan con una guía que facilite su uso en actividades académicas o proyectos de investigación.

1.2 Causas

La falta de una implementación práctica de los protocolos MQTT y DALI en la carrera (PIECII) se debe principalmente a que los módulos necesarios para trabajar con estas tecnologías fueron adquiridos recientemente. Al tratarse de equipos nuevos dentro del laboratorio, aún no se han incorporado de manera formal a los proyectos académicos ni se han generado experiencias que permitan validar su uso.

A esto se suma que la documentación disponible sobre estos protocolos, si bien es abundante en términos generales, no está adaptada al entorno particular de la universidad ni a la configuración específica de los módulos adquiridos. Esto hace que el proceso de integración resulte poco claro para quienes deseen utilizarlos por primera vez, generando una barrera de entrada tanto para estudiantes como para docentes.

1.3 Consecuencias

La ausencia de una implementación práctica y documentada de los protocolos MQTT y DALI en la universidad genera varias consecuencias tanto en el uso del equipamiento como en el ámbito académico. En primer lugar, los módulos recientemente adquiridos permanecen subutilizados, limitando su aporte como recurso de aprendizaje y experimentación en el laboratorio.

En segundo lugar, otra consecuencia importante es la carencia de documentos y guías que sistematicen la experiencia. Sin este material, cada intento de uso deberá partir desde cero, repitiendo procesos de prueba y error que consumen tiempo y pueden desalentar el interés en la utilización de los módulos.

En resumen, mientras no exista una implementación validada y registrada, el potencial de los protocolos MQTT y DALI seguirá sin aprovecharse plenamente, y la comunidad académica perderá la oportunidad de contar con un recurso práctico y replicable para su aplicación en futuros proyectos.

1.4 Propuesta Final:

El presente trabajo propone la implementación práctica de un sistema de control que integre MQTT y DALI utilizando los módulos recientemente adquiridos por el área de instrumentación de la universidad. El objetivo es comprobar en la práctica su correcto funcionamiento y, al mismo tiempo, generar material que quede como referencia para el futuro.

La propuesta contempla la elaboración de dos guías de laboratorio, orientadas a la configuración y uso de cada uno de los protocolos de manera individual, y una experiencia práctica final que combine el trabajo realizado en ambas guías. Esta experiencia será documentada como un informe, de modo que quede un registro claro y útil para su aplicación en actividades académicas y de investigación.

1.5 Valor agregado

El valor principal de este trabajo es que será la primera implementación documentada de los protocolos MQTT y DALI en la carrera PIECII, lo que lo convierte en un referente directo para futuros proyectos académicos e investigaciones relacionadas con el área de control y automatización.

Más allá de la validación técnica, la elaboración de documentos y guías claras representa un aporte significativo, ya que permitirá que estudiantes y docentes puedan seguir un camino ya probado para aprender a configurar y poner en marcha estas tecnologías. Este material se convierte en un recurso formativo que facilita la adquisición de habilidades prácticas que son altamente valoradas en el entorno industrial actual.

Otro aspecto importante es que la integración de MQTT y DALI que demuestra en la práctica los beneficios de controlar y supervisar equipos a través de redes de comunicación, lo cual abre la posibilidad de manejar varios dispositivos de manera más ordenada, flexible y eficiente. Al mostrar cómo estas tecnologías funcionan en conjunto, el trabajo no solo contribuye a la enseñanza, sino que también acerca a los estudiantes a experiencias y desafíos que se podrán encontrar en la industria.

En conjunto, este proyecto pretende dejar un aporte documentado y accesible que fortalezca la formación académica, genera valor para la universidad y prepara a futuros profesionales con competencias prácticas en el uso de tecnologías modernas de automatización.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control que integre los protocolos MQTT y DALI, validando su funcionamiento en la práctica y generando documentación en forma de dos guías de laboratorio y una experiencia práctica final, que faciliten su futura utilización en proyectos académicos e investigaciones.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Describir los módulos de comunicación disponibles para habilitar el uso de los protocolos MQTT y DALI.
2. Elaborar manual para la integración de protocolos MQTT y DALI
3. Elaborar 2 guías de laboratorio. Para desarrollar una experiencia práctica que combine MQTT y DALI en un mismo sistema, este será documentado como un recurso académico de referencia.

1.7 Definiciones importantes:

1.7.1 MQTT

Es un estándar de mensajería ligera que nace de la necesidad de transmitir datos de sensores remotos en lugares con poca señal o señal inestable mediante un sistema simple, eficiente y ligero, pudiendo ser implementado con facilidad en microcontroladores o Gateway.

MQTT utiliza un sistema de mensajería de máquina a máquina a través del IoT. Con esto permite que los datos puedan ser enviados y recibidos desde cualquier parte del mundo y en tiempo real.

El método que utiliza MQTT es el llamado PUBLISHER/SUBSCRIBER, el cual, como se puede ver en la Figura 1.1, permite el intercambio de información entre los clientes a través de un intermediario llamado BROKER.

El BROKER para organizar los mensajes y para asegurarse de que lleguen a sus destinatarios utiliza los llamados TOPICS que cumplen el rol de organizar los mensajes en niveles de jerarquía siendo como carpetas virtuales en la que por un lado los PUBLISHER publican la información y los SUBSCRIBER reciben esa información apenas sea publicada.

Un ejemplo de topic es, Sector 1/Planta 2/Sensores/Humedad. En este caso, se puede observar que el topic está seccionado en 4 partes con las que se realiza una sectorización de datos y se organiza de izquierda a derecha de forma jerárquica, esto quiere decir que Sector 1 hace referencia a un lugar en específico dentro de un recinto con varios 'Sectores' luego va profundizando en procesos para finalmente obtener el dato que se desea, en este caso la humedad de un lugar en específico.

De esta forma se pueden crear diversos tópicos para obtener la data de cualquier dispositivo conectado a la red independiente de su ubicación de forma organizada y eficiente.

Los tópicos pueden ser vistos y editados al mismo tiempo por cualquier entidad que tenga acceso al servidor bróker siendo esta la forma en la que MQTT transfiere la información a todos los usuarios interesados.

Luego existe la posibilidad de tomar esos datos y trabajar con ellos ya sea para solo obtener data en tiempo real, o para controlar procesos más complejos utilizando la información recibida.

MQTT tiene 4 forma de procesar los datos:

- Booleanos, Valor, cadenas de textos y Json.

Además, MQTT ofrece tres niveles de servicio (QoS) para la entrega de mensajes:

- QoS 0: El mensaje se entrega una vez, sin confirmación.
- QoS 1: El mensaje se entrega al menos una vez, con confirmación.
- QoS 2: El mensaje se entrega exactamente una vez, con doble confirmación.

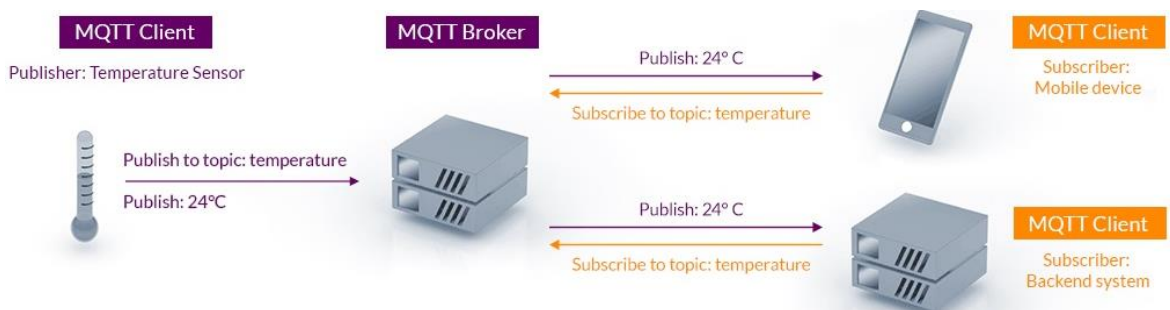


Figura 1.1, Arquitectura MQTT, Fuente: <https://mqtt.org/>

1.7.2 DALI

Está basado en la norma IEC 62386, es un estándar para el control digital bidireccional de iluminación. Su comunicación se realiza a través de un bus de dos cables, el cual permite conectar hasta 64 dispositivos simultáneamente. Cada dispositivo puede configurarse y controlarse individualmente, y también es posible agruparlos en hasta 16 grupos de control para una gestión coordinada y versátil. Para complementar el control del sistema, DALI admite la integración de interruptores y sensores, proporcionando así un control de iluminación más completo y adaptable, un sistema típico implementado se muestra en la Figura 1.2. Este protocolo además facilita la reconfiguración de los sistemas de iluminación mediante la reprogramación del software, sin necesidad de modificar el cableado. Además de controlar la intensidad de la luz, DALI también puede gestionar el control y el cambio de color.



Figura 1.2, Arquitectura DALI, Fuente: <https://www.upowertek.com/es/la-guia-definitiva-de-dali/>

1.8 Descripción de módulos a utilizar:

1.8.1 Modulo HD67848-B2

El módulo HD67848-B2 es un módulo conversor DALI/PROFINET (Figura 1.3) proporcionado por el proveedor ADFweb, este Gateway transforma la información de un protocolo a otro, facilitando la comunicación y el control.

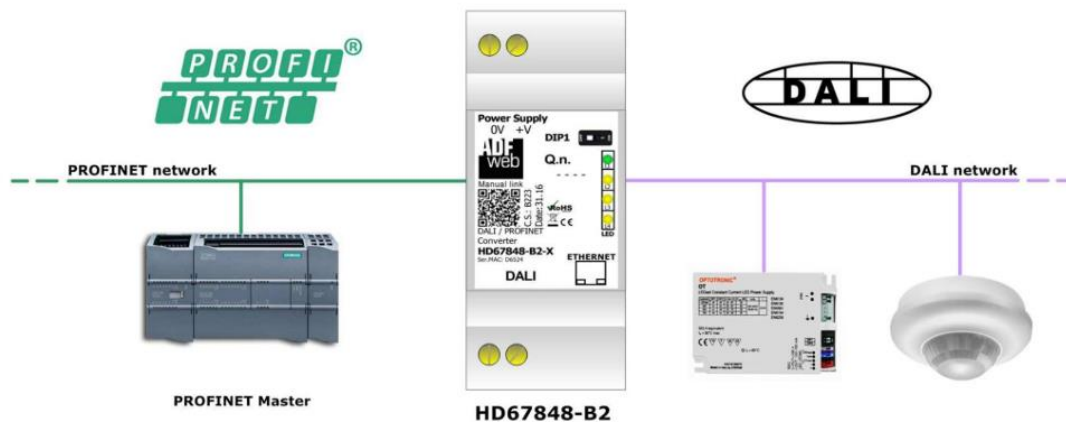


Figura 1.3, Arquitectura red Dali, Fuente: Manual de usuario

Los módulos son simples y funcionales siendo alimentados con 24 [V_{Dc}], con un conector RJ45 para la conexión PROFINET y un puerto DALI para crear la red de control, la Figura 1.4 muestra un diagrama de los puertos.

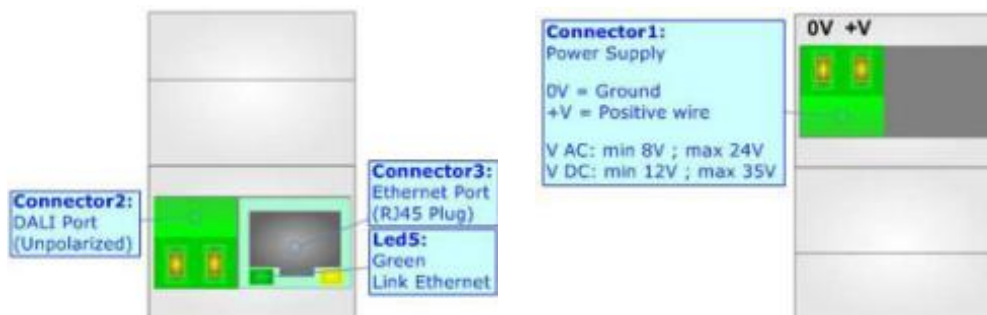


Figura 1.4, Conexiones Modulo HD67848-B2: Fuente: Manual de usuario

En su cara frontal (Figura 1.5) se encuentran 4 leds indicadores que ayudan al usuario a conocer el estado actual del módulo, además integra un DIP Switch para intercambiar entre modo programación y modo operativo.

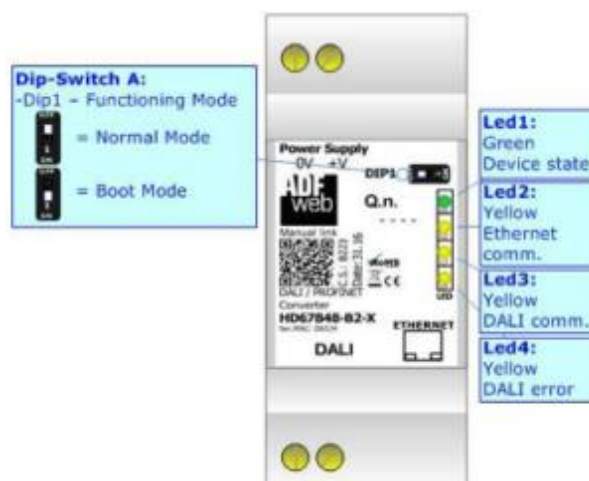


Figura 1.5, Luces indicadoras modulo HD67848-B2, Fuente: Manual

1.8.2 Modulo HD67952-B2

HD67952-B2 es un convertidor MQTT/PROFINET del proveedor ADFweb (Figura 1.6), donde al igual que el módulo DALI se encarga de transformar la información para

facilitar la integración del protocolo en un sistema centralizado. El módulo utiliza su propio software para la configuración del sistema MQTT el cual será descrito más adelante.

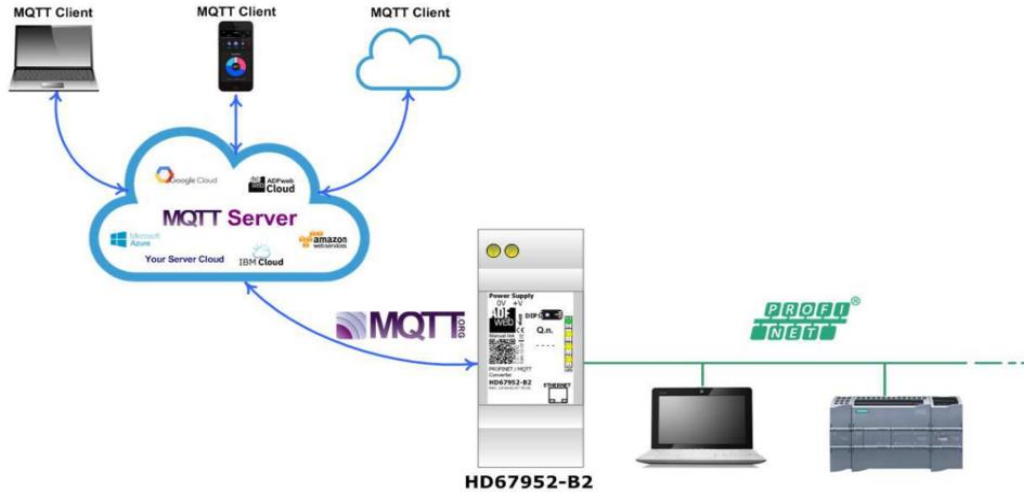


Figura 1.6, Arquitectura red MQTT, Fuente: Manual de usuario

Su conexionado es simple proporcionando un RJ45 para PROFINET y su alimentación de 24 [V_{DC}], los puertos de conexión están especificados en la Figura 1.7.

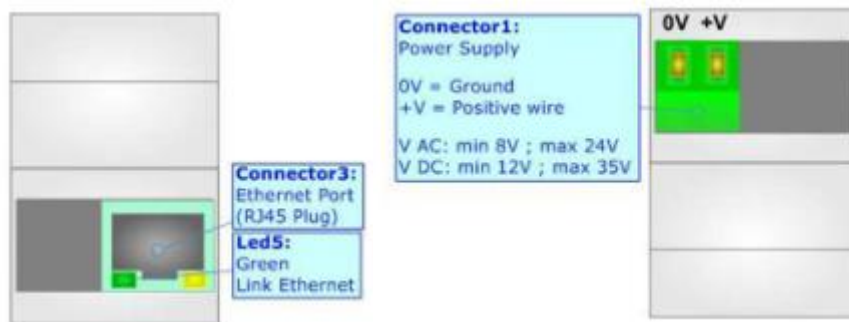


Figura 1.7, Conexiones Modulo HD67952-B2: Fuente: Manual de usuario

En su cara frontal igual que la mayoría de los módulos de ADFweb tiene información relevante (Figura 1.8), 4 LEDS indicadores del estado del dispositivo y la comunicación, además un DIP Switch para intercambiar entre los modos de operación y programación.

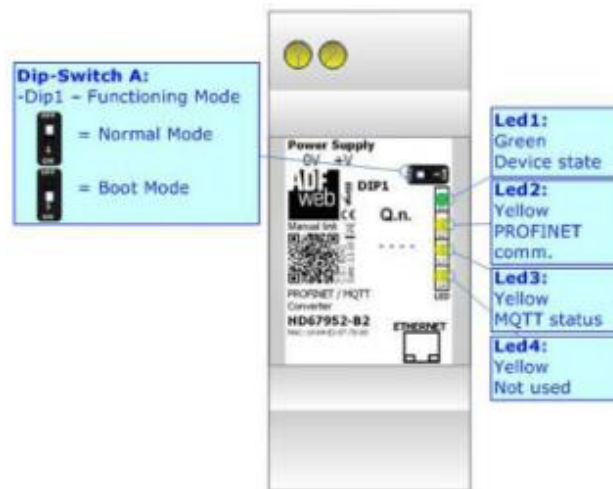


Figura 1.8, Luces indicadoras modulo HD67952-B2, Fuente: Manual de usuario

1.9 Tecnologías a utilizar:

1.9.1 PROFINET:

PROFINET (Process Field Network) es un protocolo de comunicación industrial basado en Ethernet siendo uno de los estándares en la automatización industrial más utilizados. Se caracteriza por su alta velocidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real, lo que lo hace ideal para aplicaciones críticas de control. En el proyecto, PROFINET actúa como la "columna vertebral" de comunicación, interconectando directamente el PLC con los módulos conversores DALI y MQTT. Su ventaja principal radica en la capacidad de control centralizado que ofrece, permitiendo al PLC acceder y gestionar la memoria interna de estos módulos y, por ende, controlar todo el enlace entre las tecnologías MQTT y DALI de manera eficiente.

PROFINET utiliza una arquitectura optimizada del protocolo TCP/IP que está basado en el modelo ISO/OSI (Figura 1.9), donde éste comprime las capas presentes en el modelo, optimizando la comunicación y adaptándose de mejor forma al internet.

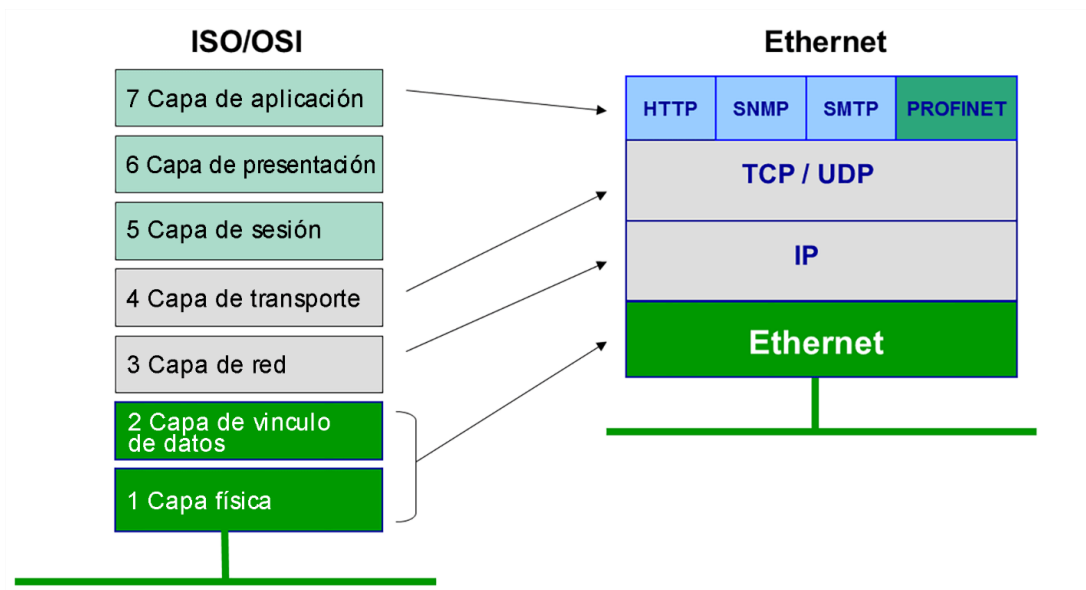


Figura 1.9, Protocolo TCP/IP, Fuente: <https://us.profinet.com/ethernet-no-es-un-protocolo/>.

PROFINET por otra parte, optimiza aún más estas capas mostradas en la Figura 1.9, agregando una tunelización que se salta más capas permitiendo el intercambio de datos a velocidades mucho más altas (Figura 1.10).

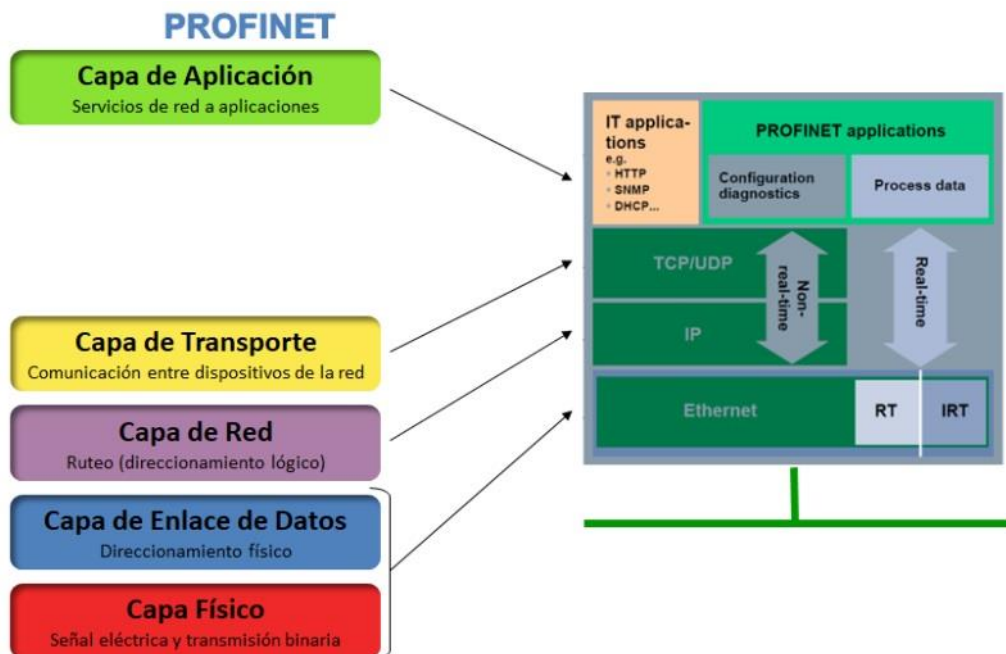


Figura 1.10, Arquitectura PROFINET, Fuente: <https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/>

1.9.2 Switch

Dentro de la red industrial, el switch desempeña un papel fundamental en la conexión de los dispositivos. Su función principal es direccionar las señales de datos de manera eficiente, recibiendo paquetes de información de un puerto y enviándolos únicamente al puerto donde se encuentra el dispositivo de destino. En el contexto de este proyecto, el switch permite que el PLC, el módulo DALI y el módulo MQTT se comuniquen entre sí a través de la red PROFINET, creando un sistema dinámico y garantizando un flujo correcto y ordenado de la información, como muestra el ejemplo de la Figura 1.11.

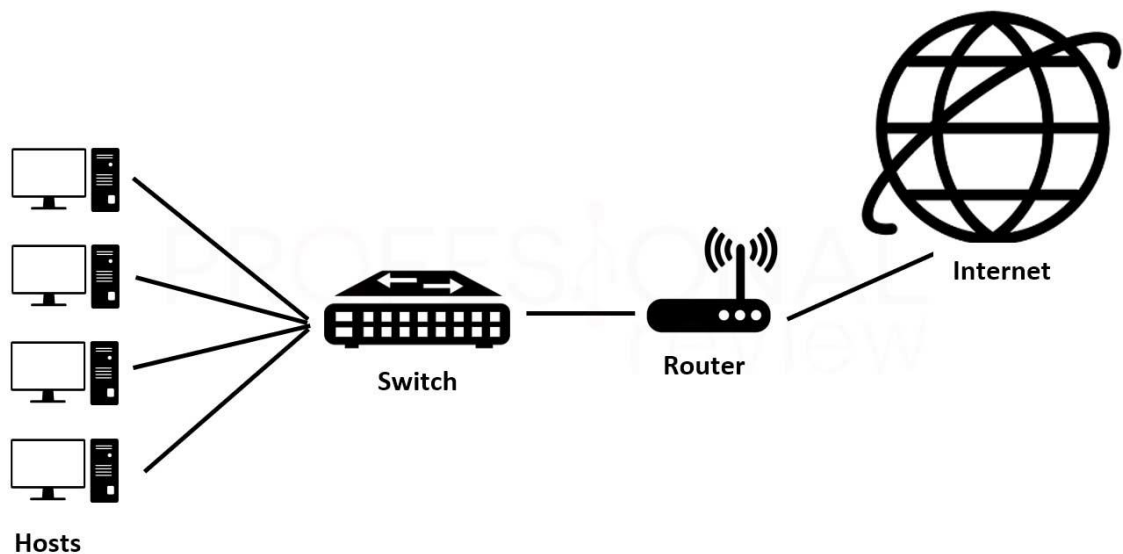


Figura 1.11, Conexión de switch, Fuente: <https://www.que.es/2021/02/03/que-es-switch/>

1.9.3 PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC es el “cerebro” principal de este proyecto. Su rol es crucial, ya que, centraliza el control de todo el sistema de automatización. Al estar conectado a los módulos conversores DALI y MQTT, este se encarga de procesar la lógica de control, gestionar los datos entre ambos protocolos y ejecutar las instrucciones necesarias para la automatización de la iluminación y la comunicación IoT. Esta configuración permite que los módulos puedan operar de manera independiente, y a su vez el PLC supervise y coordine todas las acciones,

permitiendo así unificar y controlar todos los sistemas compatibles con PROFINET en solo un dispositivo.

Para este proyecto se utiliza un PLC 1500 de Siemens (Figura 1.12), esto ya que es el disponible en los laboratorios de la carrera (PIECII).



Figura 1.12, PLC 1500, Fuente: <https://www.siemens.com/cl/es/productos/tecnologias-de-automatizacion/sistemas/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>

1.9.4 IoT (Internet of Things)

IoT, o el Internet de las Cosas, es un concepto que hace referencia a la interconexión de dispositivos físicos como electrodomésticos y otros elementos cotidianos con capacidad de red, permitiéndoles conectarse e intercambiar datos a través de Internet. IoT permite el tráfico de una alta gama de "cosas" como: sensores, software y otras tecnologías, permitiéndoles conectarse a la red e intercambiar datos con otros sistemas y dispositivos a través de estas redes adaptadas para la comunicación y el control. Este ecosistema permite la recopilación de datos en tiempo real, el monitoreo y el control remoto de equipos, facilitando la automatización y optimizando procesos en diversos entornos, desde hogares inteligentes hasta sistemas industriales.

1.10 Estructura del proyecto y alcance

La propuesta principal para la investigación e implementación del proyecto se ilustra en la Figura 1.13, Estructura del proyecto.

En su extremo izquierdo, se observa el módulo DALI, el cual representa todos los posibles equipos que pueden ser controlados dentro del contexto DALI.

Luego a la derecha se observa un sistema MQTT que transfiere cualquier tipo de dato por este medio.

La idea principal del proyecto radica en realizar mediante la red PROFINET que estas dos tecnologías interactúen entre sí, para esto se necesita un sistema que centralice los datos y permita la comunicación.

En este caso se utiliza un PLC en el que por un lado llegan los datos DALI y este estará encargado de transmitir esos datos al estándar MQTT y viceversa.

Para realizar esta implementación es necesario un switch que permita la conexión de todos los dispositivos a la red

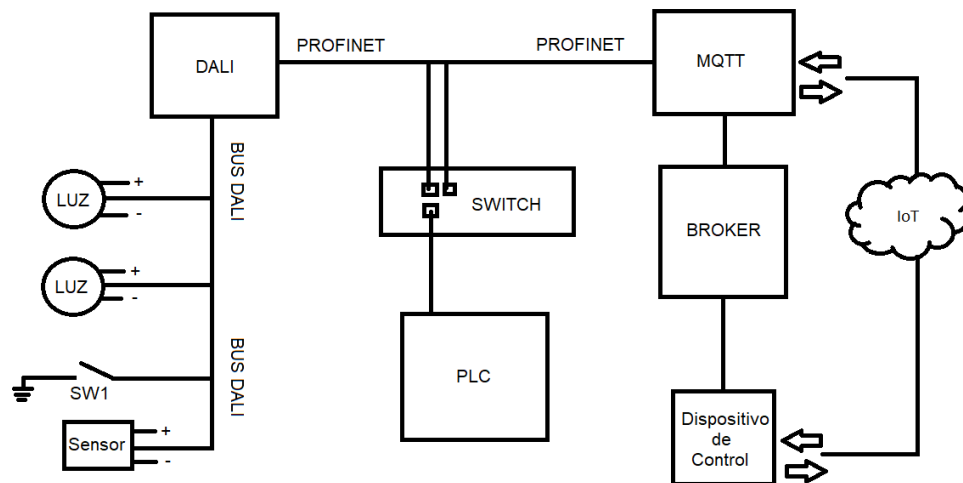


Figura 1.13, Estructura del proyecto

CAPÍTULO 2 : IMPLEMENTACIÓN

2 Implementación:

En este capítulo se realiza todo el desarrollo necesario para lograr los objetivos planteados. Se presentan de manera clara los procedimientos, métodos y análisis implementados, de modo que se evidencie cómo cada etapa contribuye al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

El conexionado de la capa física del proyecto está representada en la Figura 2.1, donde se puede observar un switch que ayuda a conectar los módulos con el PLC y el PC en donde se realiza toda la programación y a su vez al MQTT necesita una salida a internet para el intercambio de datos por lo que es necesario implementar un Router con salida a internet.

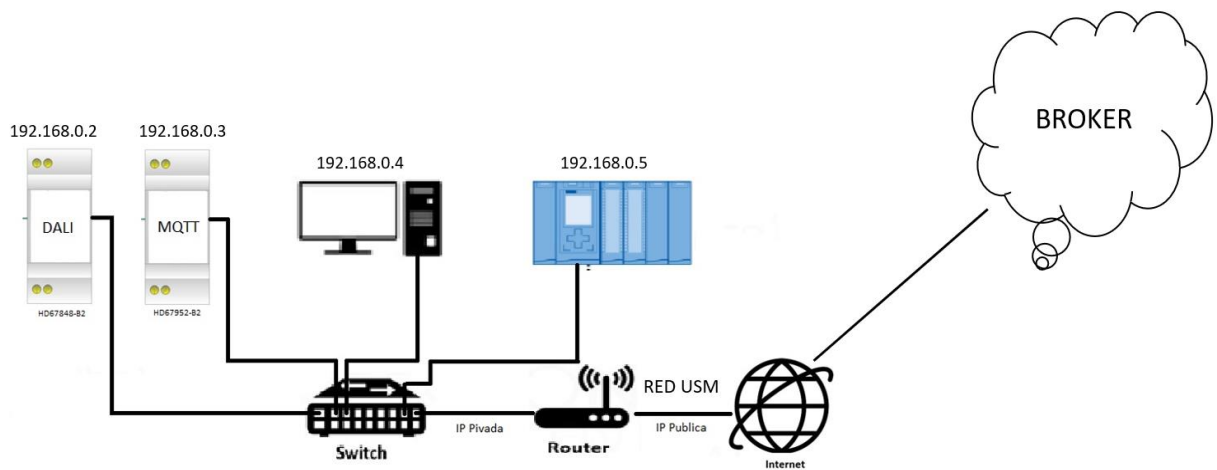


Figura 2.1, Arquitectura de red del proyecto

En esta red física para que todos los equipos puedan conversar entre si necesitan ser configurados con una IP dentro del mismo segmento de red.

2.1 Direcciones IP y segmentos de red:

Una dirección IP (Protocolo de Internet) es, básicamente, el identificador numérico único de un equipo dentro de una red. Esto se puede asociar a la dirección de una casa en una calle: es lo que permite que los datos lleguen al destino correcto.

Estas direcciones IP se componen de cuatro números, separados por puntos. Cada uno de estos números es un octeto (que puede variar de 0 a 255), como por ejemplo una de las más usadas en redes privadas es la 192.168.xx.xx.

El concepto de "mismo segmento de red" significa que, para que los dispositivos se comuniquen directamente en la LAN, los primeros tres octetos de sus direcciones IP deben ser idénticos. Esto define la "subred" o "calle" a la que pertenecen. Por ejemplo, para componentes como un PLC, una PC, un módulo DALI y un módulo MQTT, las direcciones pueden ser:

- PLC: 192.168.0.5
- PC: 192.168.0.4
- Módulo DALI: 192.168.0.2
- Módulo MQTT: 192.168.0.3

También hay que tener en consideración no solo la dirección IP de los dispositivos también hay que asegurarse de asignar una máscara de red a la LAN.

La máscara de red permite identificar la red LAN y designar la cantidad de hosts que tendrá, típicamente se utiliza la 255.255.255.0 que permite 254 hosts, esto es más que suficiente para el proyecto.

2.1.1 Configuración de IP

Una vez realizada la conexión física se deben configurar individualmente cada equipo conectado a la red.

Para el computador se debe ir a conexiones de red / Propiedades de la tarjeta de red utilizada / Propiedades de [TCP/IPv4]. Como se muestra en la Figura 2.2.

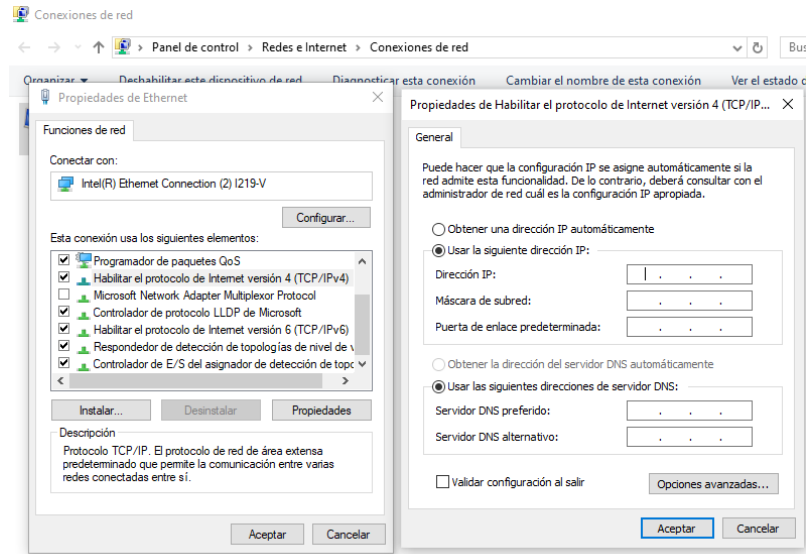


Figura 2.2, Configuración de IP en PC

Luego para el PLC se realiza la configuración desde el programa TIA PORTAL luego de haber ingresado el PLC correspondiente se ingresa a propiedades generales / PROFINET Interface/Ethernet Addresses, como se muestra en Figura 2.3.

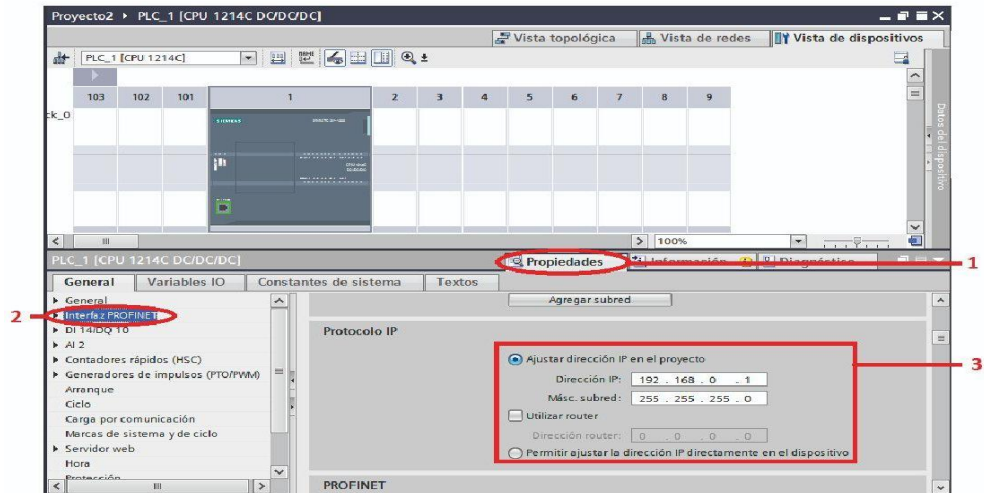


Figura 2.3, Configuración de IP en PLC

Finalmente, para configurar los módulos se debe hacer mediante el software oficial entregado por el fabricante ADFweb. Los softwares son:

- Compositor SW67952 Figura 2.4.
- Compositor SW67848 Figura 2.5.
- DALI_CONSOLE Figura 2.6.

MQTT

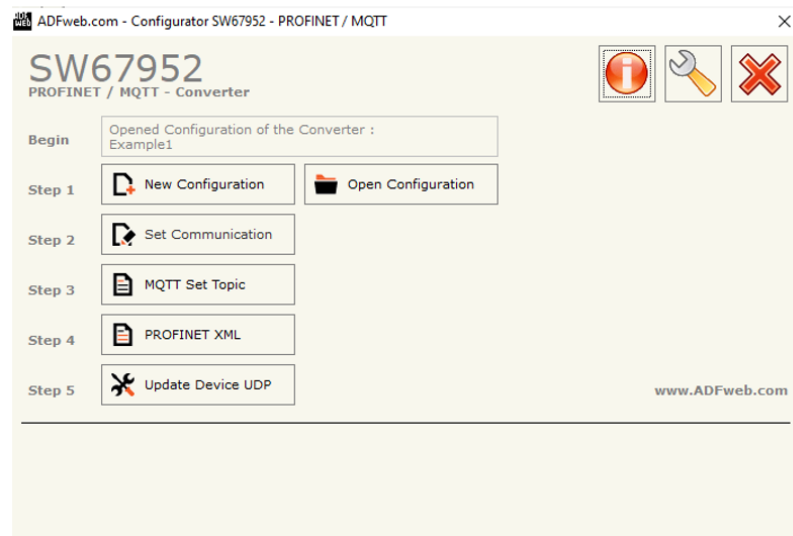


Figura 2.4, Compositor SW67952

DALI

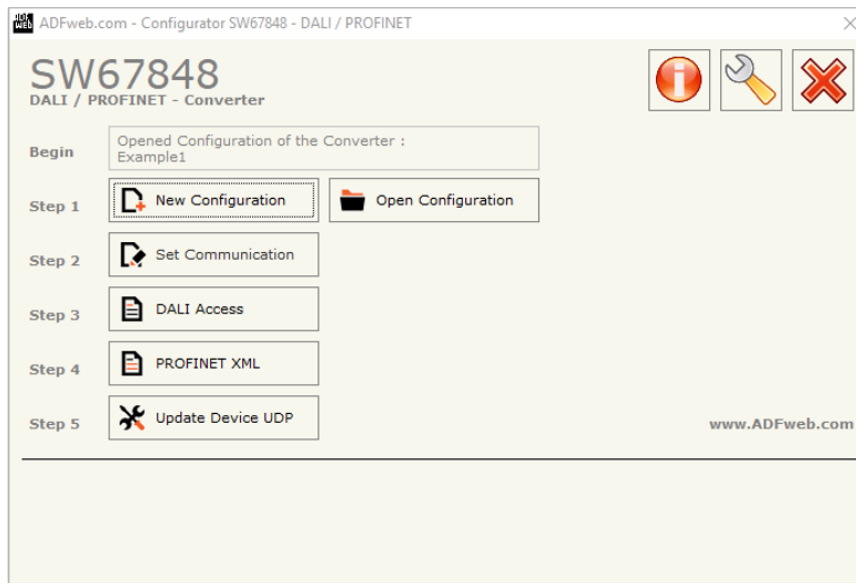


Figura 2.5, Compositor SW67848

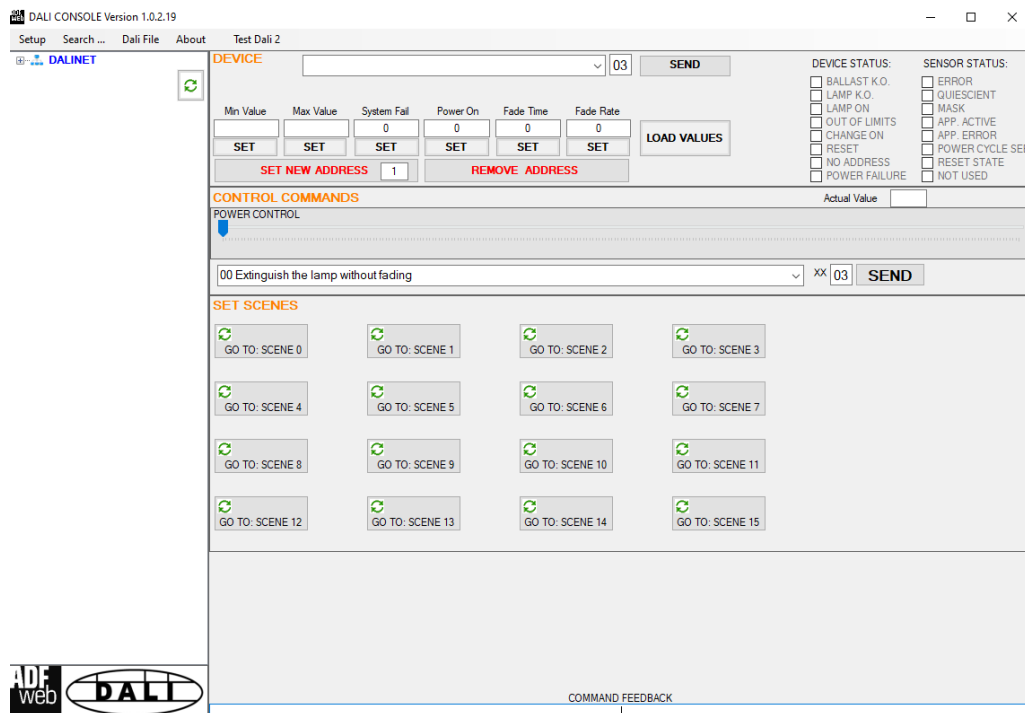


Figura 2.6, Consola DALI

A medida que se avance con el proyecto se irán explicando los distintos menús que ofrecen estas aplicaciones, por ahora solo es necesario saber cómo configurar las direcciones

IP de los dispositivos. Esto se realiza en el apartado “Set Comunicación” que en cada aplicación tiene sus diferencias, pero finalmente tienen el mismo propósito de configurar todo lo necesario para una correcta conexión. En la Figura 2.7 se puede observar el menú de cada módulo. En principio DALI (Menú de la derecha) ofrece pocas configuraciones, permitiendo identificar el apartado de direcciones fácilmente como se recalca con el recuadro rojo.

El menú que ofrece MQTT en su software es mucho más complejo y contiene una gran cantidad de submenús que a medida que se avance en el proyecto se desglosarán poco a poco. En este caso el Gateway necesita de dos direcciones una para comunicarse con el PLC mediante la red PROFINET y otra para realizar la salida a internet por Ethernet, Es importante que las direcciones sean configuradas como dispositivos distintos y no deben compartir la misma dirección, pero si debe estar dentro del mismo segmento para pertenecer a la LAN.

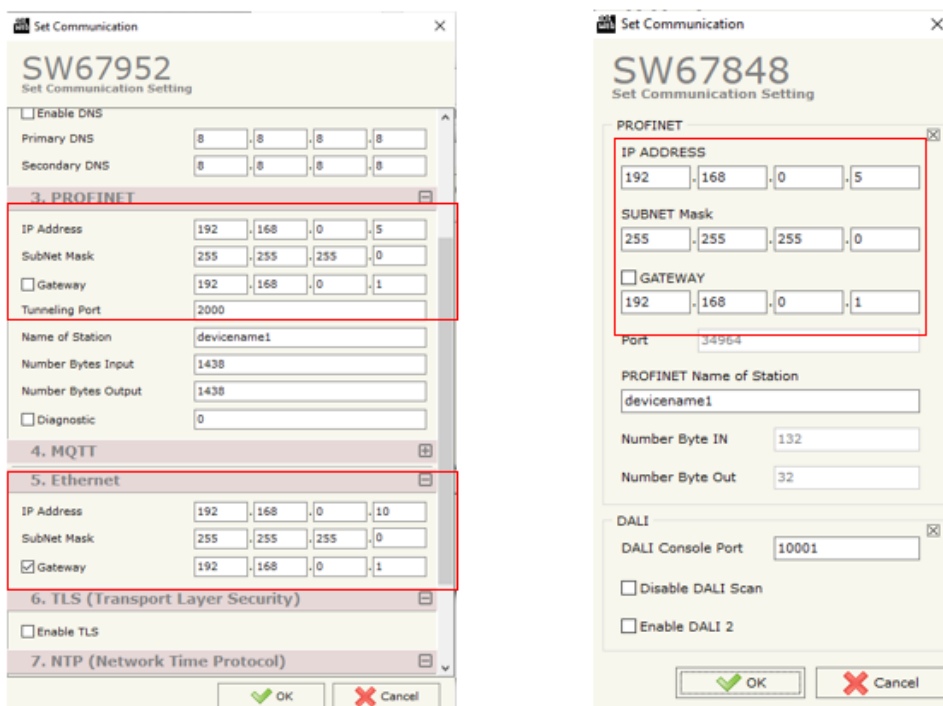


Figura 2.7, Establecer comunicación, DALI y MQTT, Fuente: Manual de usuario

Una vez que la LAN esté configurada y todos los equipos puedan comunicarse, se deben ajustar las opciones necesarias para que DALI y MQTT funcionen correctamente.

Estas configuraciones se presentarán de manera individual y paso a paso, con el fin de facilitar su comprensión.

2.2 MQTT

Principalmente como ya se mencionó el menú “Set Communication” permite configurar todos los aspectos o características para que el módulo responda al proyecto a realizar.

Lo primero que se debe configurar es el equipo en “Only Ethernet Cable” ya que esta es la forma en la que se trabajará con él.

Luego si se decide trabajar con el Router como servidor DHCP este da la opción de que se designen automáticamente las direcciones, hay que tener también en consideración configurar los DNS correctos si es que es necesario. En una red típica los DNS son los mostrados en la Figura 2.8.

El apartado 3 de esta misma Figura 2.8, permite configurar los puertos de comunicación con la red PROFINET este viene por defecto en 2000 y así es como se debe dejar. También permite asignarle el nombre del dispositivo en esta red y luego en “Number Bytes” la cantidad de espacios de memoria que se crean son los necesarios para el proyecto, estos espacios de memoria son los encargados de traspasar los datos de MQTT al PLC, más adelante se profundiza en este tema.

SW67952
Set Communication Setting

1. Select Device

Type: **Only Ethernet Cable**

2. Ethernet Connection

Device Name (Hostname):

Obtain an IP Address Automatically (DHCP for Cable Connection)

Obtain an IP Address Automatically (DHCP for Wi-Fi Connection)

Enable DNS

Primary DNS: . . .

Secondary DNS: . . .

3. PROFINET

IP Address: . . .

SubNet Mask: . . .

Gateway: . . .

Tunneling Port:

Name of Station:

Number Bytes Input:

Number Bytes Output:

Diagnostic:

4. MQTT

Server URL:

OK Cancel

Figura 2.8, Establecer comunicación, MQTT 1, Fuente: Manual de usuario

Los apartados 4 y 6 del menú (figura 22) serán abordados en detalle, ya que en ellos se requiere ingresar la información de configuración del servidor, lo que hace necesario profundizar en su funcionamiento y opciones disponibles. Este análisis se realiza junto con la creación del broker MQTT, explicando paso a paso cómo se integran ambos elementos para asegurar una comunicación correcta entre los equipos. Finalmente, el apartado 7 permite la configuración de una dirección NTP, garantizando la sincronización temporal de los dispositivos (ver ANEXO para mayor información).

The screenshot shows a 'Set Communication' window for device SW67952. It is divided into several sections:

- 4. MQTT:**
 - Server URL: test.mosquitto.org
 - Server Port: 1883
 - Client ID: (empty)
 - Keep Alive (seconds): 60
 - Clean Session
 - Will Flag
 - Publish Topic on Connection
 - Username: (empty)
 - Password: (empty)
- 5. Ethernet:**
 - IP Address: 192 . 168 . 0 . 10
 - SubNet Mask: 255 . 255 . 255 . 0
 - Gateway: 192 . 168 . 0 . 1
- 6. TLS (Transport Layer Security):**
 - Enable TLS
- 7. NTP (Network Time Protocol):**
 - Server URL: pool.ntp.org
 - Poll Time (seconds): 1000

At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 2.9, Establecer comunicación, MQTT 2, Fuente: Manual de usuario

2.2.1 Creación de BROKER

Como ya bien se mencionó MQTT necesita de la creación de un BROKER para poder realizar la transmisión de datos, estos servidores pueden ser creados de distintas formas ya sea de forma local en algún micro controlador capaz de soportar la tecnología como una Raspberry pi o con software gratuitos que permiten crear servidores limitados en funciones, pero funcionales, si se requiere existen servidores de pago con todas las funciones que ofrece MQTT. La desventaja de los servidores gratuitos es que son de dominio público y es fácil que se intercepte la información. En algunos casos permite ingresar usuario y contraseña para mayor seguridad. Sabiendo esto, MQTT se suele trabajar con datos simples como letras

individuales o números al azar que luego se toman y se transforma a un dato útil, de esta forma aun que se lea el mensaje es imposible deducir que se está realizando.

Si se requiere mayor seguridad también existen varias formas para solucionar esto, una de ellas es la creación de un servidor local que permita la comunicación de los equipos solo dentro de la red, o trabajar con TLS, que codifica los mensajes enviados por MQTT, esta opción viene de forma nativa en MQTT solo debe activar e ingresar los documentos que pide el sistema Figura 2.10. Esta documentación si se decide utilizar TLS está indicada en los ANEXOS.

The image shows a configuration window titled "6. TLS (Transport Layer Security)". It contains the following settings:

- Enable TLS
- Server Authentication
- Server Certificate: [Text Field] ...
- Client Authentication
- CA Certificate: [Text Field] ...
- Client Certificate: [Text Field] ...
- Client Key: [Text Field] ...
- Client Key Password: [Text Field]

Figura 2.10, Establecer comunicación, MQTT 3, Fuente: Manual de usuario

El software que permite interactuar con servidores MQTT es MQTTX (Figura 2.11). Uno de estos servidores gratuitos y más reconocidos es test.mosquitto.org que ofrece un servicio de calidad y funcional.

Para abrir conectar con el servidor se deben rellenar los datos básicos e importantes en el software tales como:

- Host (test.mosquitto.org)
- Port:1883
- Cliente ID: Identificador del usuario.

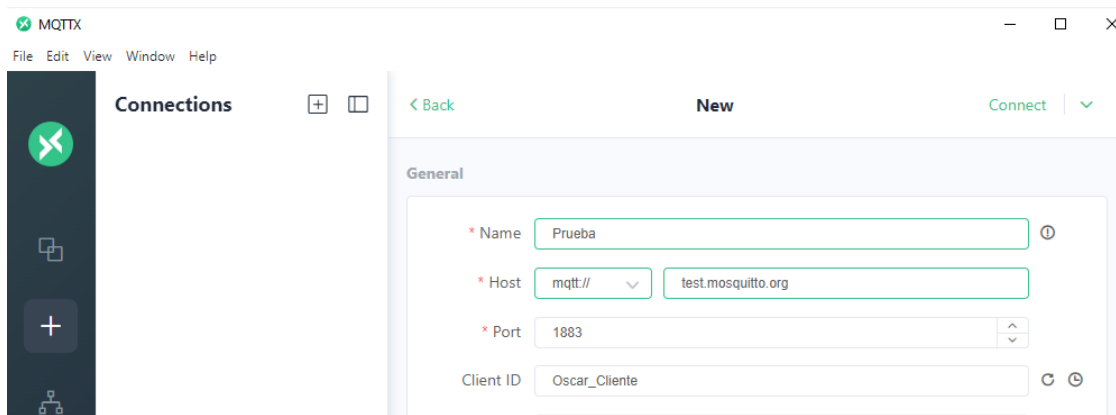


Figura 2.11, Broker: MQTTX configuración

Es importante mencionar que el dato Port es la forma en la que MQTT se comunica a través de internet por lo que hay que asegurarse de que esté activo. Los puertos que utiliza MQTT para conectarse son el “1883” para comunicación normal y el “8883” cuando se utiliza TLS.

Luego para agregar los tópicos una vez se conecte con el servidor se debe ingresar en “New Subscription” Figura 2.12.

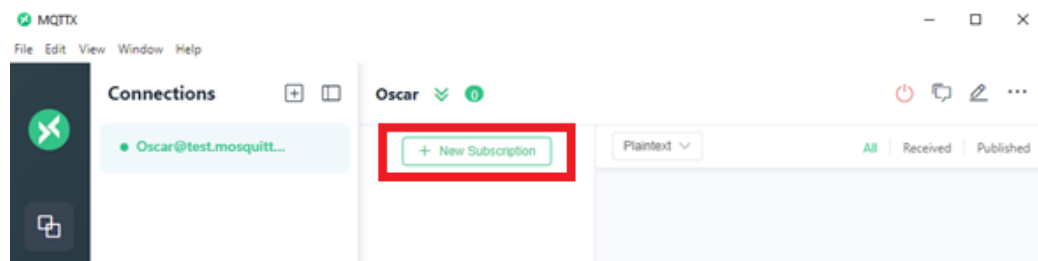


Figura 2.12, Broker: MQTTX agregar tópicos

En la Figura 2.13, se muestra donde ingresar el nombre del tópicos y designar su nivel de comunicación (QoS).

The image shows a 'New Subscription' dialog box. It has a title bar with a close button. Below the title bar, there are three main fields:

- Topic:** A text input field containing 'Sensores/Presencia'.
- QoS:** A dropdown menu currently showing '0' and the text 'At most once' below it.
- Color:** A color picker field showing a green square and the hex code '#2FD66B'.

Figura 2.13, Broker: MQTTX configuración de tópicos

Finalmente, un ejemplo de estructura de datos utilizando los tópicos se representa en la Figura 2.14, donde se ejemplifica la toma de datos de sensores, donde, dentro del tópico “sensores” se pueden visualizar 3 datos separados el uno del otro, pero pertenecientes a la misma estructura” sensores”.

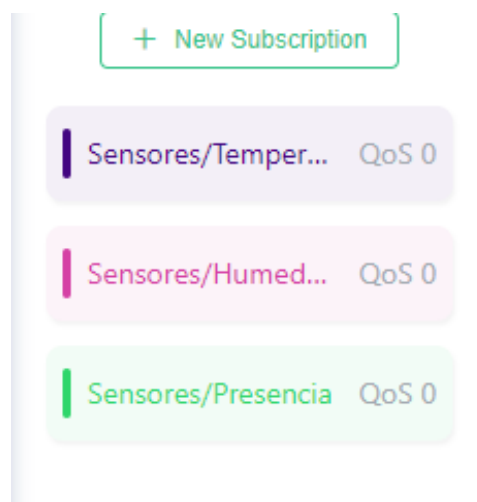


Figura 2.14, Broker: MQTTX tópicos

Para llevar esta configuración al Gateway mediante el software se realiza en “Set Communication” en el apartado 4 para agregar los datos del servidor, también permitiendo publicar un mensaje en un tópico deseado cuando este se conecte con el servidor marcando la casilla “publish Topic on connection”. Si se activó la comunicación TLS se marca la casilla

“Enable TLS”, Figura 2.15. Con esta configuración el servidor queda completamente habilitado.

4. MQTT	
Server URL	test.mosquitto.org
Server Port	1883
Client ID	
Keep Alive (seconds)	60
<input checked="" type="checkbox"/> Clean Session	
<input type="checkbox"/> Will Flag	
<input type="checkbox"/> Publish Topic on Connection	
Username	
Password	
5. Ethernet +	
6. TLS (Transport Layer Security) -	
<input type="checkbox"/> Enable TLS	

Figura 2.15, Establecer comunicación, MQTT configuración de bróker, Fuente: Manual

2.2.2 Espacios de memoria

La memoria mostrada en la Figura 2.16 es de suma importancia para el proyecto, ya que, será la forma en la que el Gateway se comunique con el controlador (En este caso el PLC).

Esto se logra mediante un archivo llamado XML.

Number Bytes Input	1438
Number Bytes Output	1438

Figura 2.16, Espacios de memoria

2.2.3 XML

Es un formato de texto estructurado que permite el intercambio de información entre sistemas.

El gateway utiliza este archivo para informar al controlador todas las configuraciones realizadas por el usuario incluyendo los espacios de memoria.

Este archivo se obtiene desde el menú “PROFINET XML” (Figura 2.17).

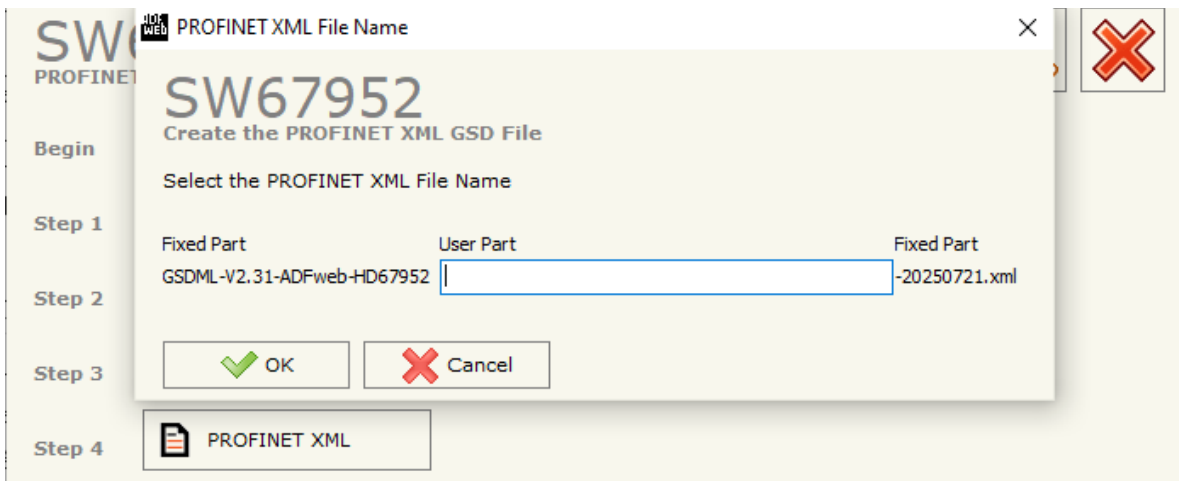


Figura 2.17, Generar archivo XML

En TIA PORTAL este archivo debe ser ingresado como GSD en el menú de opciones mostrado en la imagen.

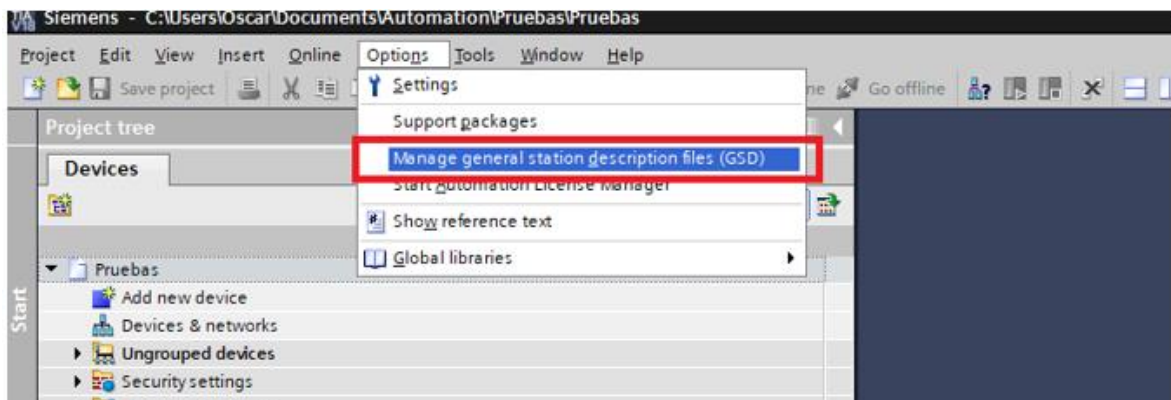


Figura 2.18, Integración Archivo GSD en TIA PORTAL,

Luego se deben seguir las instrucciones para instalarlo Figura 2.18 y Figura 2.19, una vez terminada la instalación se debe reiniciar TIA PORTAL.

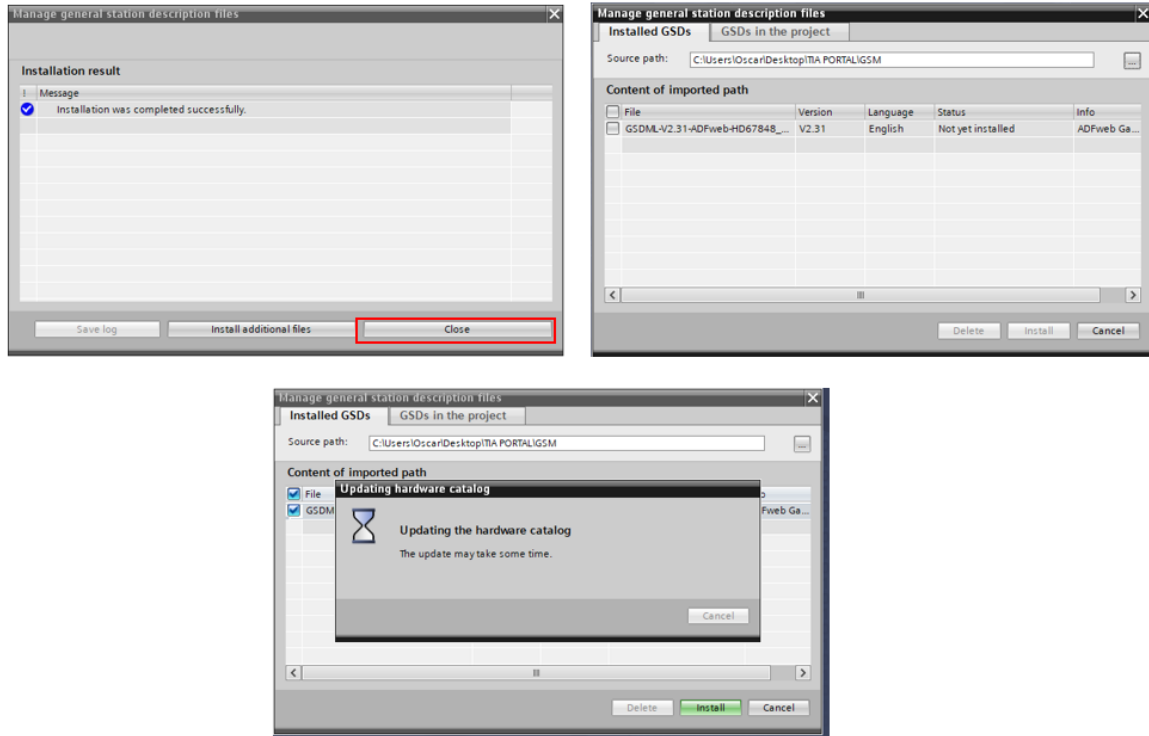


Figura 2.19, Instalación de archivo GSD

El archivo crea un dispositivo en el “Hardware catalog” que permite enlazar el módulo con el PLC, este puede ser encontrado siguiendo los pasos de la Figura 2.20.

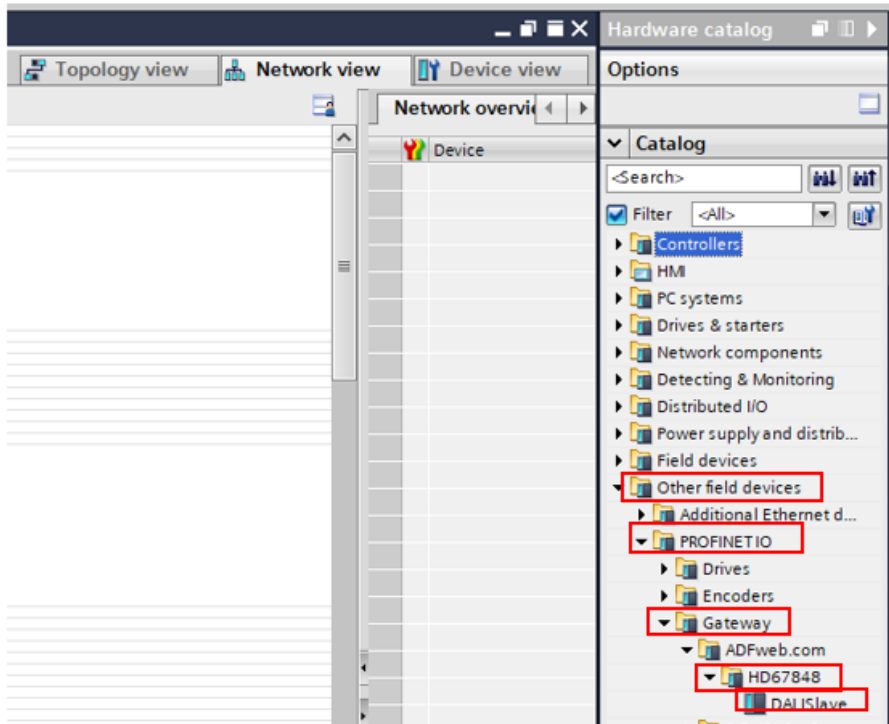


Figura 2.20, Ubicación de módulos de control

Una vez agregado el módulo se deben hacer las conexiones típicas dentro del “Topology view” (Figura 2.21) y establecer la red PROFINET en el “Network View” (Figura 2.22).

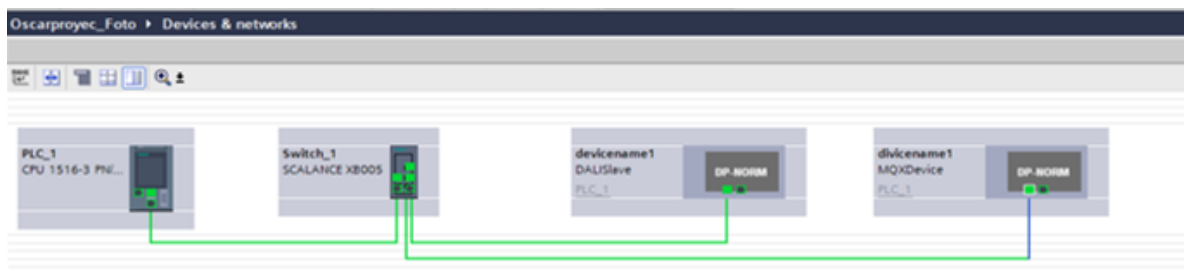


Figura 2.21, Vista topológica

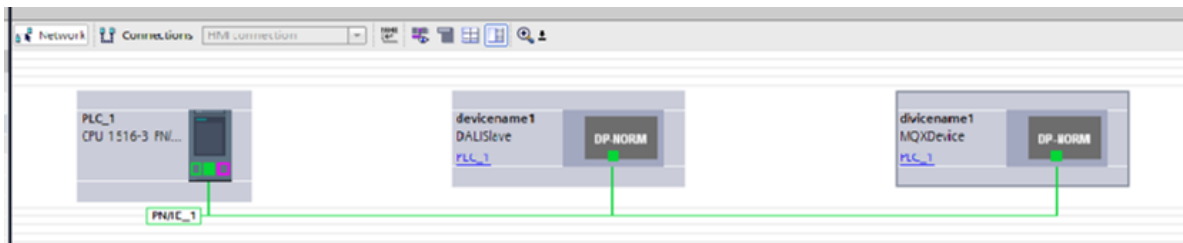


Figura 2.22, Vista de la red

Para verificar los espacios de memoria que le designo Tia Portal al dispositivo, se debe seleccionar el dispositivo en este caso MQTT y abrir el “Device View” (Figura 2.23)

Module	Rack	Slot	I address	Q address	type
devicename1	0	0			DALISlave
Module_1	0	1	20..547	12..143	Module
	0	2			
	0	3			
	0	4			

Figura 2.23, Espacios de memoria designados

2.2.4 Control de memoria y tópicos

No basta con solo saber la forma en la que se enlazan la memoria, ahora hay que darles uso a los espacios designados para interactuar con los “Topics”.

Para eso está el menú “Set MQTT Topics”

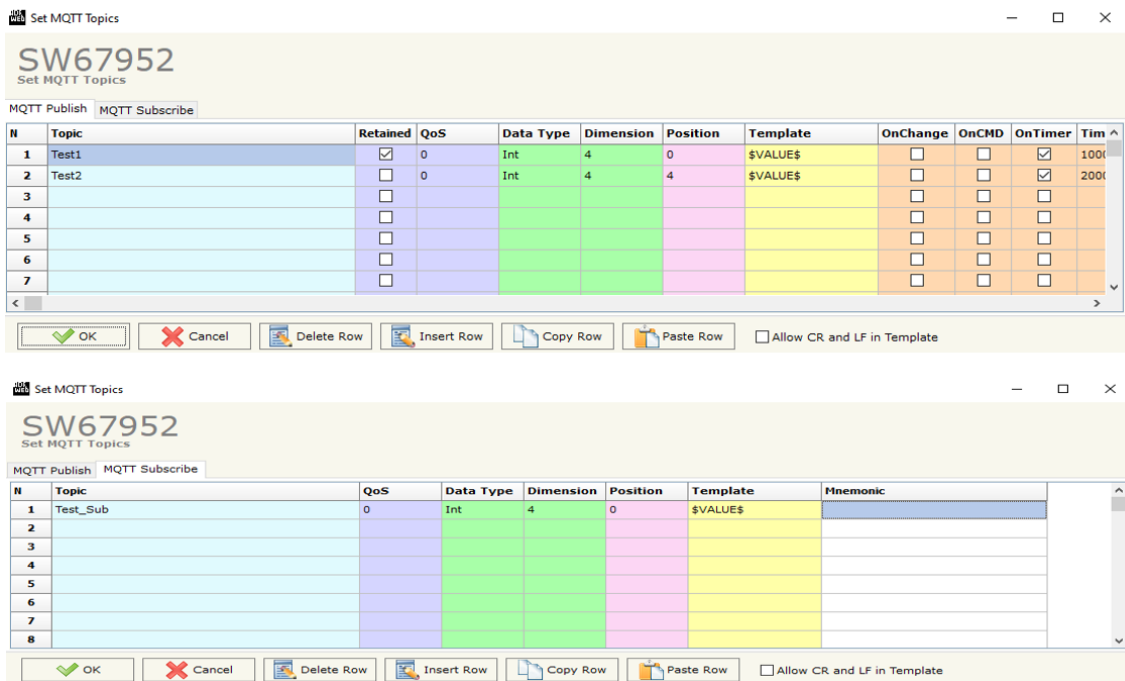


Figura 2.24, Configuración de tópicos en MQTT, Fuente: Manual de usuario

Este menú tiene dos apartados similares en configuraciones, pero uno enfocados para los datos que se publicaran en el servidor y el otro para suscribirse a tópicos.

Como ejemplo se puede ver como primero se coloca el nombre del tópic, si se quiere seguir el ejemplo mostrado antes, en la creación del bróker, sería algo como el mostrado en la Tabla 1:

Tabla 1, Ejemplo topicos

Nº	Topic
1	Sensores/Temperatura
2	Sensores/Humedad
3	Sensores/Presencia

Luego de introducir el nivel de calidad de comunicación (QoS), se deben dar las características de los datos a trabajar en el PLC permitiendo interactuar con 5 tipos de datos (Figura 2.25). Se debe tener en cuenta los espacios de memoria que utilizan los tipos de datos,

ya que, luego se debe ingresar esta dimensión junto con su posición en la memoria, recordar no sobre escribir datos.

Data Type	Dimension	Position
Int	4	0
Int	4	4
SInt		
Float		
String		
Base64		

Figura 2.25, Configuración de tópico, Fuente: Manual de usuario

2.3 DALI

El Gateway DALI trae consigo dos softwares para el control de la tecnología, estos son:

2.3.1 Compositor SW67848

Este software es muy similar al ya mostrado en la configuración de MQTT, pero enfocado en los datos requeridos para el funcionamiento de DALI, se puede observar en la Figura 2.26 el parecido con el SW67848, en este caso en vez de tener los menús para configurar tópicos, este tiene un menú para programar secuencias de iluminación en su menú “DALI Access”.

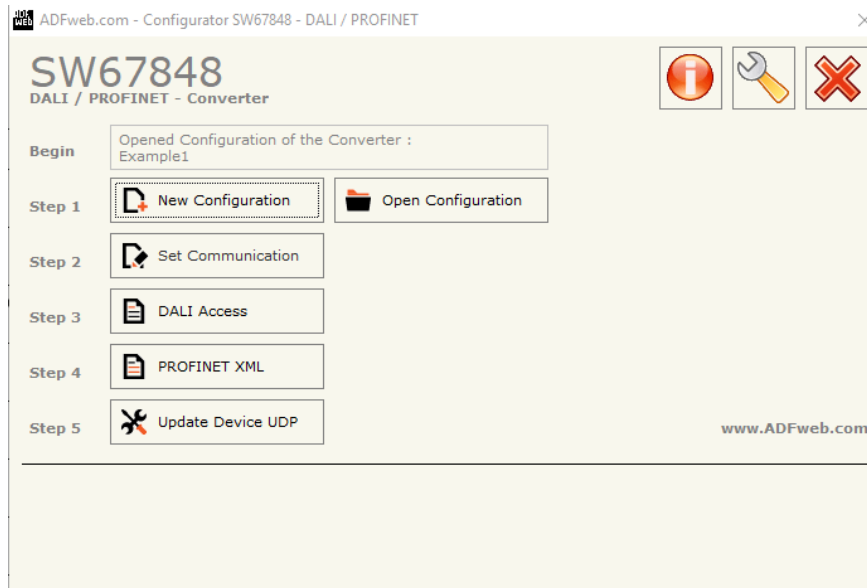


Figura 2.26, Configuración DALI, Fuente: Manual de usuario

2.3.2 DALI_CONSOLE

En DALI_CONSOLE (Figura 2.27) se designan los grupos de control, se aplican configuraciones de brillo, se designan las escenas y mucho más. Para este trabajo no se profundiza más en este aspecto, ya que, tiene un nivel de complejidad mayor y podría ser abarcado en un estudio individual. Esto es debido a que los manuales de usuarios y la información que se encuentra en internet no es suficientemente clara y a su vez la existente no se alinea con lo que ofrece este software. Debido a esto, todas las funciones deben descubrirse a base de pruebas y errores, profundizando más en la tecnología, o utilizando otros métodos externos a la información al alcance del usuario.

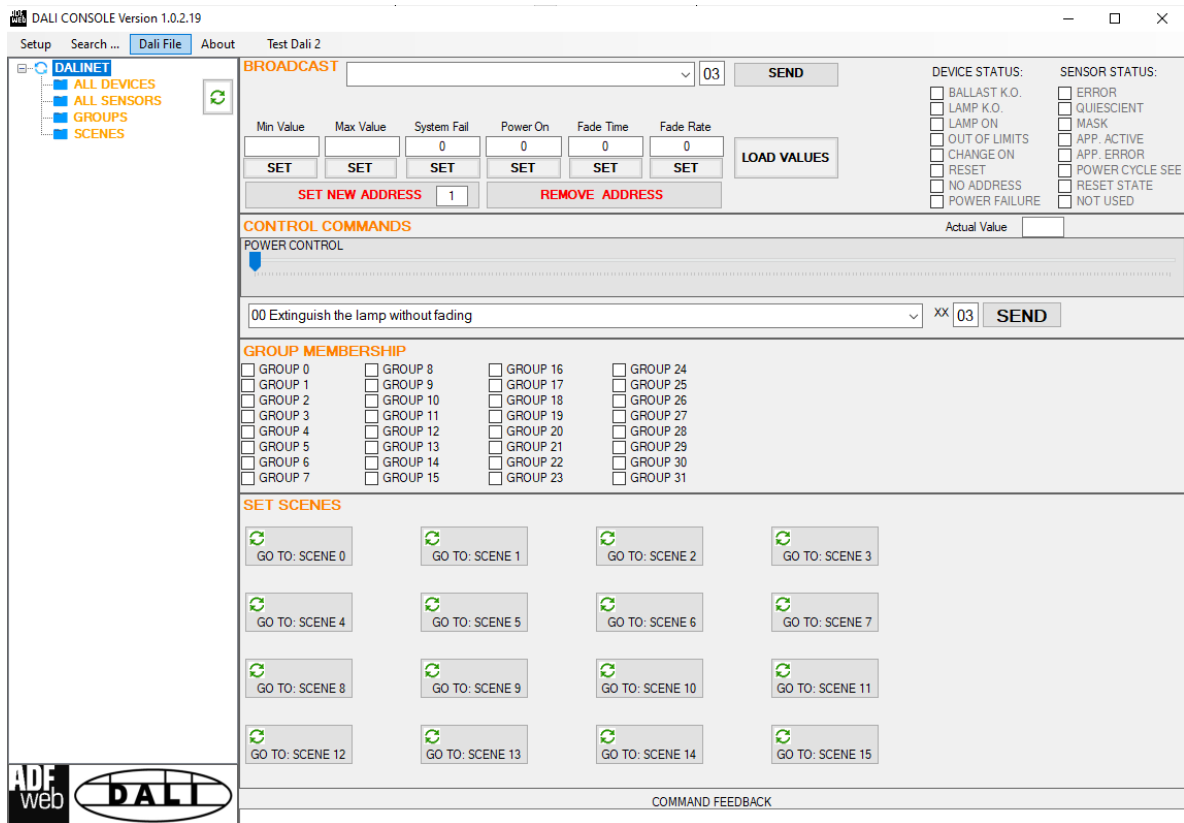


Figura 2.27, Consola DALI, Fuente: DALI_CONSOLE

A pesar de estas dificultades en conseguir la información se logró implementar un sistema básico de comunicación DALI, donde el módulo es capaz de enviar y recibir algunos bytes específicos a la red PROFINET, por ende, puede ser controlado desde el sistema mixto. También se pudo enlazar los programas “DALI_CONSOLE” y “Compositor SW67848”, pudiendo también controlar las tiras led conectadas no solo desde MQTT y PLC, también desde la consola DALI.

2.3.3 Configuración DALI

Para lograr esta comunicación de DALI en primera instancia de debe configurar la red en el menú “Set Communication” (Figura 2.28). Este menú es muy intuitivo y se debe seguir el mismo procedimiento que en MQTT, pero de forma más simplificada, ya que solo se necesita ingresar la red mostrada en el recuadro rojo. También se puede asignar un nombre

opcional y un número de puerto para establecer la comunicación con el programa de la consola. Se recomienda dejar este dato predeterminado, ya que así lo indica el manual de usuario, y su utilidad se explica más adelante.

Posteriormente, se puede desactivar el escaneo automático de dispositivos, aunque tampoco es recomendable. Esto se debe a que DALI, una vez conectado, detecta y asigna un número aleatorio a cada dispositivo de iluminación conectado al bus DALI.

Por último, es posible activar la tecnología DALI 2. Esto puede hacerse si se desea y si los equipos del bus manejan dicha tecnología. Normalmente se activa cuando los dispositivos de control con hardware más avanzado trabajan en conjunto con botoneras, sensores y dispositivos variados. Algunos de estos dispositivos son mencionados en el ANEXO.

En este menú aparecen la cantidad de memorias utilizadas pero este valor no puede ser modificado ya que estos bytes vienen configurados de fábrica, y son especificados en el manual de usuario, en la Figura 2.29 se pueden observar alguna de estas memorias predeterminadas.

Es importante destacar que estas memorias se probaron de forma independiente y solo algunas respondieron correctamente. Entre las que funcionaron están la 80, que controla el brillo de la transmisión (broadcast) a todos los dispositivos conectados, y la 128, que actualiza y envía los datos configurados. El resto de los valores no respondió de ninguna forma.

Figura 2.28, Configuración red, Fuente: Software SW67848.

Byte PROFINET	Descripción
128	Byte de control: se debe incrementar en +1 cada vez que se deba enviar el comando en DALI.
129	ID del dispositivo DALI a comandar (para los comandos, el bit más significativo debe establecerse en '1' según las especificaciones DALI): ↓ 0-63 = Dispositivo DALI único ↓ 64-79 = Grupos 127 = Transmisión
130	Escena a controlar: ↓ 0x10 = Escena 0 ↓ 0x11 = Escena 1 ↓ 0x12 = Escena 2 ↓ 0x13 = Escena 3 ↓ 0x14 = Escena 4 ↓ 0x15 = Escena 5 ↓ 0x16 = Escena 6 ↓ 0x17 = Escena 7 ↓ 0x18 = Escena 8 ↓ 0x19 = Escena 9 ↓ 0x1A = Escena 10 ↓ 0x1B = Escena 11 ↓ 0x1C = escena 12 ↓ 0x1D = Escena 13 ↓ 0x1E = Escena 14 ↓ 0x1F = Escena 15
CONFIGURACIÓN AVANZADA (TRANSMISIÓN)	
Byte PROFINET	Descripción
80	ADV para configurar



Nota:

El rango de ADV puede ser de 0 a 255. El valor mínimo y máximo de ADV para cada nodo DALI depende de la Configuración del nodo DALI. Estos valores se pueden programar mediante el software "DALI Console".

Figura 2.29, Extracto de mapa de memoria, Fuente: Manual de usuario

2.3.4 DALI Access

Este menú entrega todas sus capacidades cuando se tiene sensores y actuadores dentro de la red DALI, en otras palabras, cuando se tienen equipos DALI 2 conectados al bus, este menú es el que permite controlar y generar instancias complejas con todo el conjunto de equipos.

En este caso al no tener más que un par de luces para controlar no se realizaran configuraciones. Lo importante de este menú es, en primera instancia, situarse en el menú “Select Device” (Figura 2.30) y activar los dispositivos disponibles. Antes de hacerlo, se debe verificar el “DALI Maps”, ya que DALI, como se mencionó, genera direcciones aleatorias a los dispositivos conectados, y dentro de este mapa se indican en un Excel cuáles son las memorias designadas para cada dispositivo.

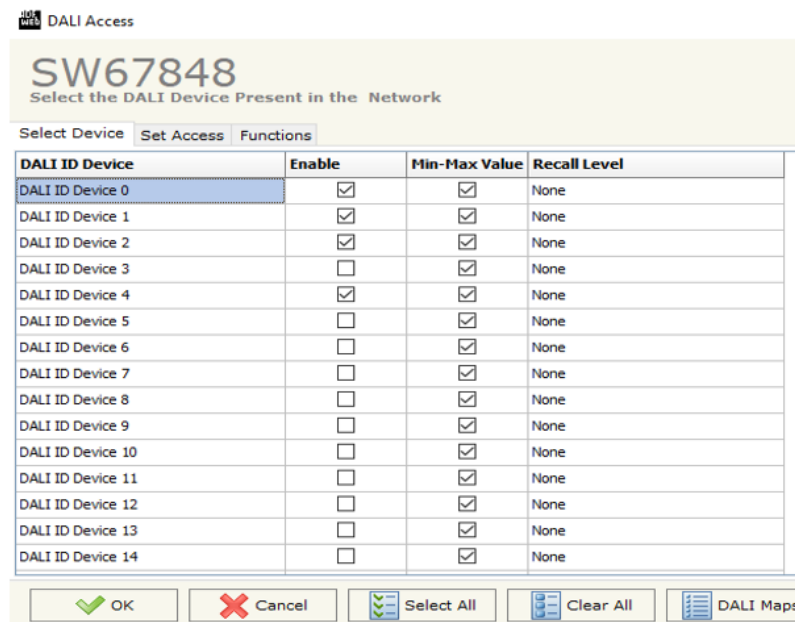


Figura 2.30, Designación de dispositivos DALI, Fuente: SW67848

Si el control de luces no es complejo y como es en este caso que solo se controlan unos dimmer conectados a unas tiras led, no es necesario realizar mayor configuración en estos apartados.

Pero como información relevante del funcionamiento de los demás submenús, es necesario saber que en “Set Access” (Figura 2.31) se designan los dispositivos instalados

junto con su número designado, la instancia a la que pertenece, y también aplica funciones, estas funciones se crean en el siguiente submenú “Functions” (Figura 2.32).

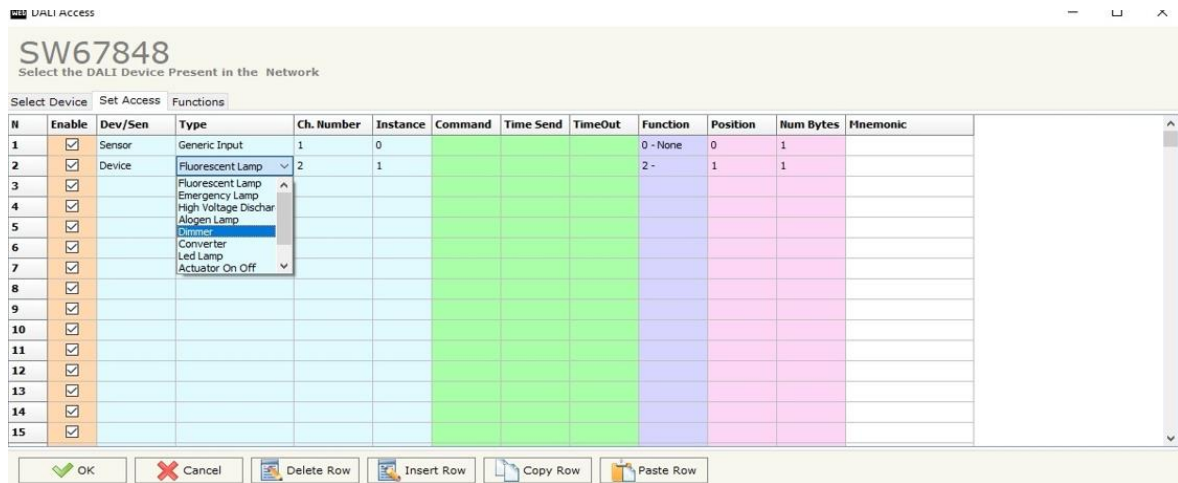


Figura 2.31, Configuración de funciones DALI, Fuente: SW67848

En el menú de funciones se especifican las acciones que se deben cumplir por sensores y otros dispositivos conectados al bus y bajo qué condiciones, para realizar secuencias complejas como se muestra en la Figura 2.32.

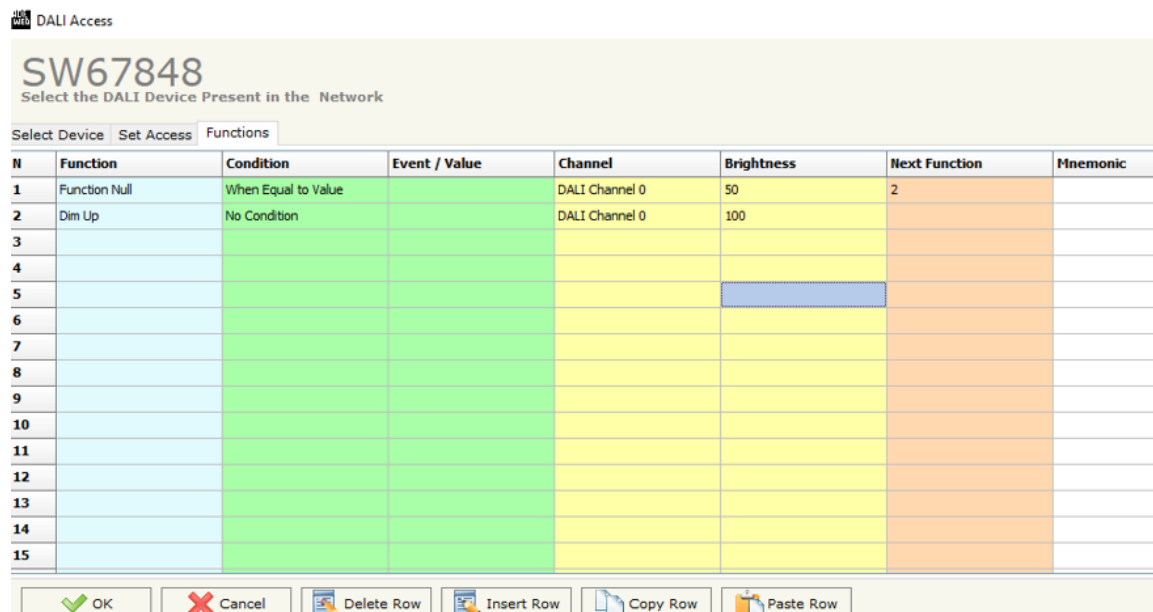


Figura 2.32, Configuración de funciones, Fuente: SW67848

2.3.4.1 Archivo XML

Al igual que en MQTT, se debe generar un archivo XML (Figura 2.33) y agregarlo como GSM en TIA Portal siguiendo los mismos pasos mencionados en la sección 2.2.3 XML.

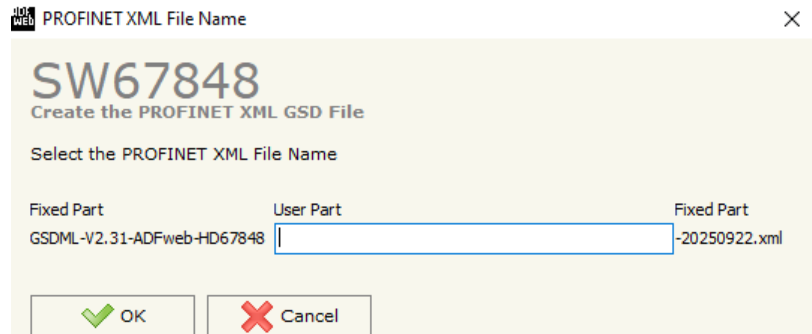


Figura 2.33, Archivo XML para DALI, Fuente: SW67848

2.3.5 Enlace entre DALI_CONSOLE y SW67848

En la consola mostrada en la Figura 2.27, se debe ingresar al menú “Setup” encontrado en la barra superior izquierda. Este menú (Figura 2.34) es el que permite la comunicación en tiempo real con el módulo DALI y los dispositivos conectados al bus.

Para realizar la correcta comunicación se debe dejar todo por defecto exceptuando la dirección IP que debe ser una dirección disponible que se encuentre dentro del segmento de la red LAN creada, con esto y asegurando que el “CONSOLE PORT” tenga el mismo valor del menú ya configurado en la Figura 2.28.

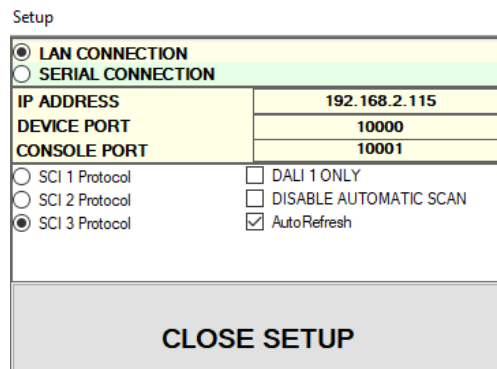


Figura 2.34, Configuración de consola, Fuente: DALI_CONSOLE

2.3.6 Conceptos básicos de DALI_CONSOLE

El software proporcionado por el proveedor funcionaba de forma deficiente y no lograba conectar los dispositivos satisfactoriamente.

Según los pasos descritos en el manual de usuario, los dispositivos deberían ser detectados automáticamente en el árbol de dispositivos que se muestra en la Figura 2.35. Una vez detectados, se podrían seleccionar para crear grupos de control, escenas y otras funciones que no pudieron probarse debido a los problemas que presentó el programa.

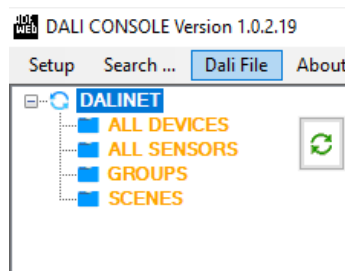


Figura 2.35, Árbol de dispositivos, Fuente: DALI_CONSOLE

Un apartado que si funciona como debía, es el apartado de la Figura 2.36 donde se configuran los valores máximos y mínimos de los dispositivos (“Max Value”, “Min Value”), nivel de iluminación al fallar el dispositivo (“System Fal”), nivel de brillo al prender el dispositivo (“Power On”), finalmente el tiempo que demora en realizar un cambio de brillo y el porcentaje de cambio (“Fade Time”, “Fade Rate”).

Por último la barra de control permite controlar la iluminación de forma manual dentro de los rangos designados en las configuraciones anteriores.

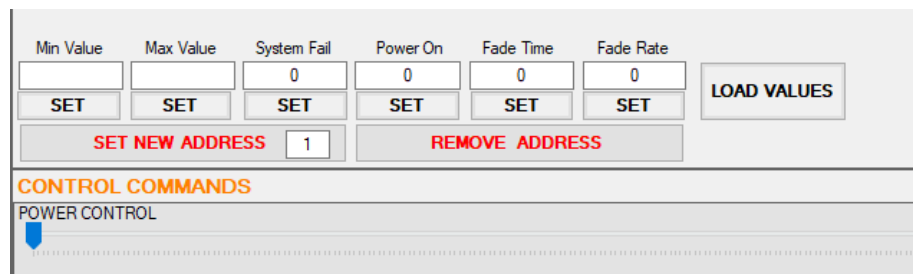


Figura 2.36, Configuración de dispositivos, Fuente: DALI_CONSOLE

2.4 Problemas con salida a internet

Antes de continuar con la programación se realizaron pruebas de la comunicación MQTT mediante la red universitaria intentando mandar datos simples como números a través de un servidor MQTT sin éxito, se revisó si la configuración estaba siendo bien aplicada confirmando la buena implementación, pero aun sin poder realizar una comunicación efectiva.

Finalmente se realizan pruebas mediante un micro controlador (ESP32) y se programó un scrip que permite una comunicación MQTT, esta se prueba de forma exitosa en redes externas a la universidad, luego se realizan las mismas pruebas en la red universitaria obteniendo resultados fallidos en la comunicación de datos.

Esto indica que la universidad por temas de seguridad no permite la comunicación de los puertos requeridos para el funcionamiento de MQTT, dejando un gran problema al proyecto a implementar.

La solución planteada para este problema es aislar la red del proyecto de la universidad, pero para esto, es necesario tener un sistema que proporcione salida a internet, capaz de suministrar ese internet a la Red y además permita el control de esa Red.

Los dispositivos que se pensaron para esto fue en primer lugar conseguir un Router nuevo que permita la integración de un chip. pero esto eleva en demasía los costos del proyecto.

En segundo lugar, se piensa en la utilización de una Raspberry pi que se encuentra en inventario, esto para redireccionar una entrada de internet móvil por USB a su puerto ethernet generando un nuevo acceso a internet aislado de la red. Con esto la Raspberry pi actúa como Router del sistema.

Esto llevo a replantear la Red Propuesta en un principio, teniendo como resultado la red de la Figura 2.37.

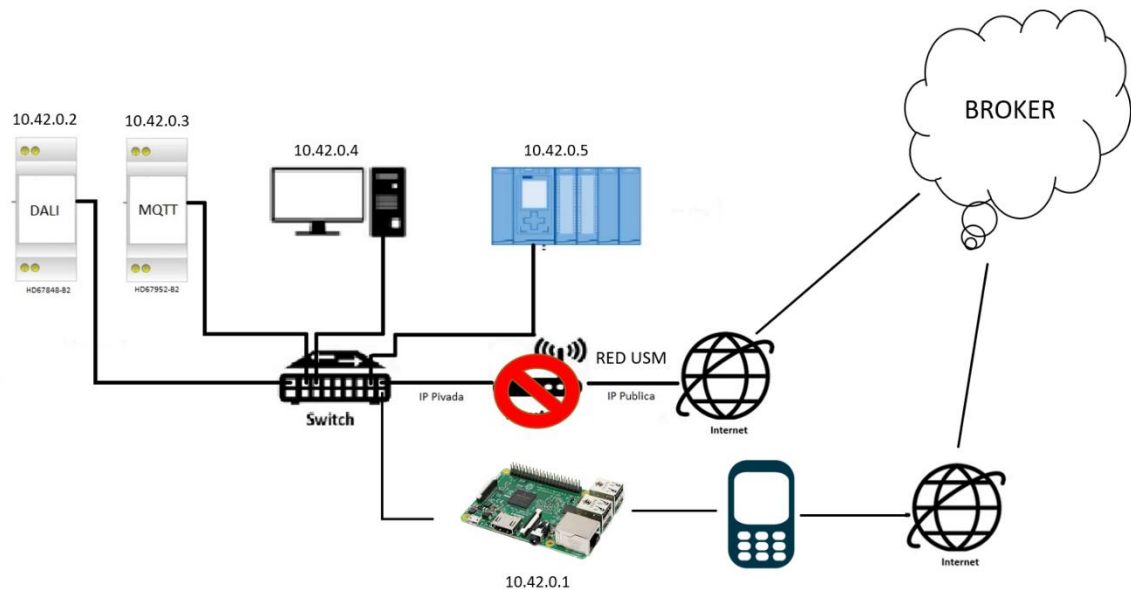


Figura 2.37, Adaptación de conexión a internet mediante Raspberry pi, Fuente: Creado por el autor

Donde este sistema actuaría como un bypass de la red original. Además, al momento de configurar la Raspberry pi se estableció como servidor DHCP.

Esto quiere decir que el equipo designa direcciones de IP automáticas a todos los dispositivos conectados a la red, con esto es importante asegurar que todos los dispositivos deben estar configurados con el direccionamiento automático.

En el caso de específico de DALI no permite esta opción, pero al tener control de la Red mediante la Raspberry pi, no existe problema una vez conectados todos los equipos que permitan DHCP y una vez hayan obtenido su dirección, asignar una IP disponible dentro del segmento a DALI.

Finalmente se realizaron las mismas pruebas, pero mediante el nuevo sistema y se concluye la comunicación exitosa de MQTT. Dando paso a continuar con el proyecto.

2.5 Programación:

Para comunicar estas dos tecnologías se realiza mediante el control de memorias que ofrecen los Gateway, siendo tan simple como mover datos entre las memorias utilizadas. Con

esto a su vez se pueden lograr programaciones lógicas complejas, permitiendo un sistema versátil y adaptable a casi cualquier proceso.

2.5.1 Diagrama de flujo

Para este proyecto el reto principal radica en la conexión de las tecnologías y para demostrar esto se realizó un programa simple que sea capaz de demostrar esta comunicación, Figura 2.38. El programa consiste en ingresar los datos desde un bróker MQTT, este dato que sea procesado por el PLC y finalmente enviado a los leds por DALI. Para este ejemplo se controla el Brillo del Broadcast de comunicación (Todos los dispositivos conectados). Este envía un byte con un rango entre 0 a 255.

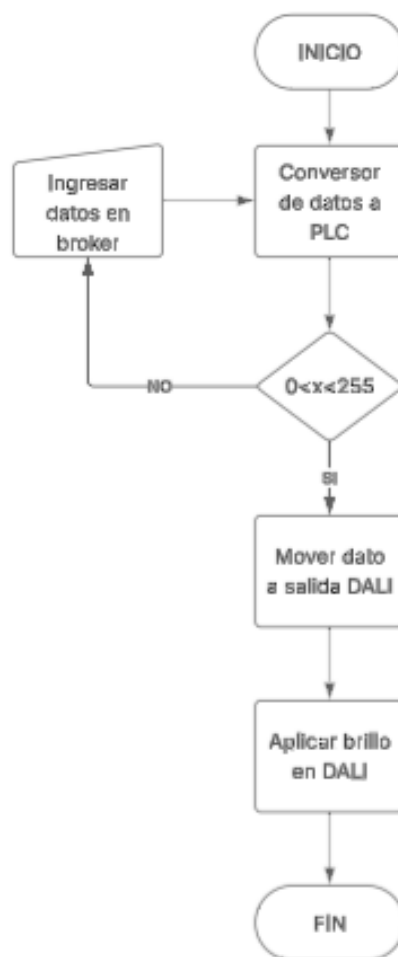


Figura 2.38, Diagrama de flujo, Fuente: Autor

2.5.2 Programación Ladder

Como se muestra en la Figura 2.39, la programación se centra en la comunicación básica entre módulos sin realizar acciones complejas. Esto se debe a la falta de equipos para controlar y al limitado conocimiento del software DALI.

Para este propósito, se utilizan bloques MOVE que transfieren datos de una memoria a otra. Con este método, se rescata el valor ingresado por MQTT (en este caso, de la memoria IW548). Luego, como se ve en la Figura 2.40, este valor se almacena en un Data Block para que el controlador pueda procesarlo.

Una vez ingresado el dato en TIA Portal el programador puede crear y adaptar este dato a sus necesidades. En este caso como indica el diagrama de flujo (Figura 2.38) se aplica un rango de control del byte guardado en el Data Block entre 0 y 255 con el bloque IN_RANGE, sin antes ingresar un bit que habilite la línea de comandos (CTRL_DEVICE).

Finalmente se aplica otro MOVE para enviar el dato ingresado por MQTT a el módulo DALI y a los dispositivos conectados en su bus de comunicación.

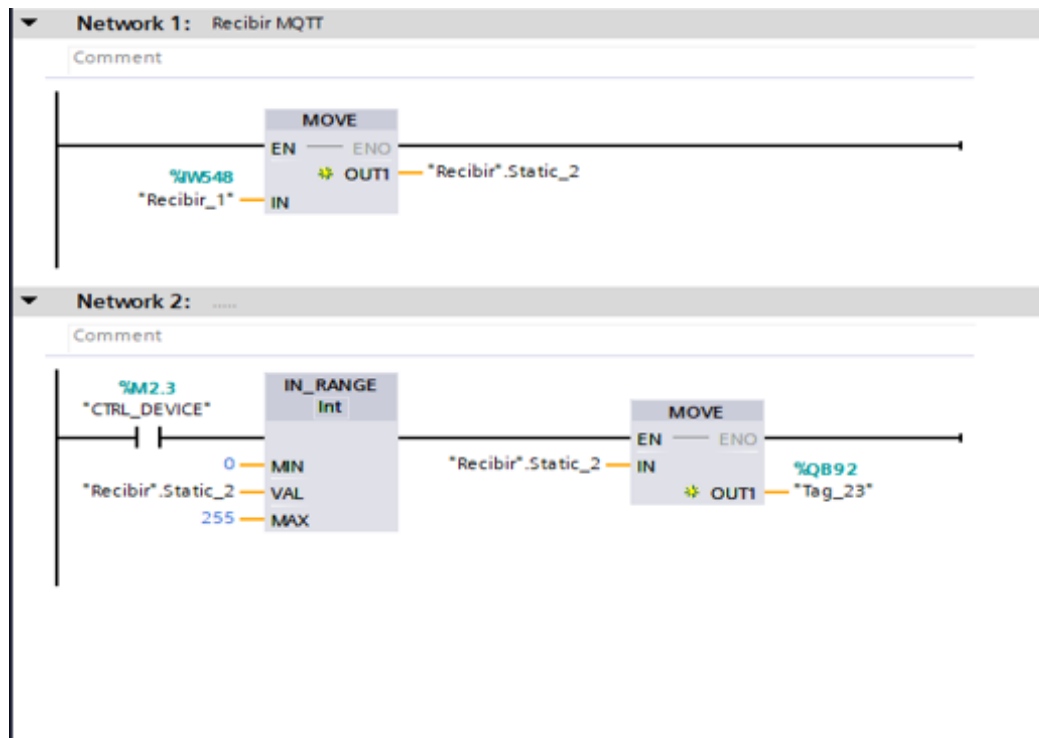


Figura 2.39, Programación de bloques básica de comunicación, Fuente: Autor

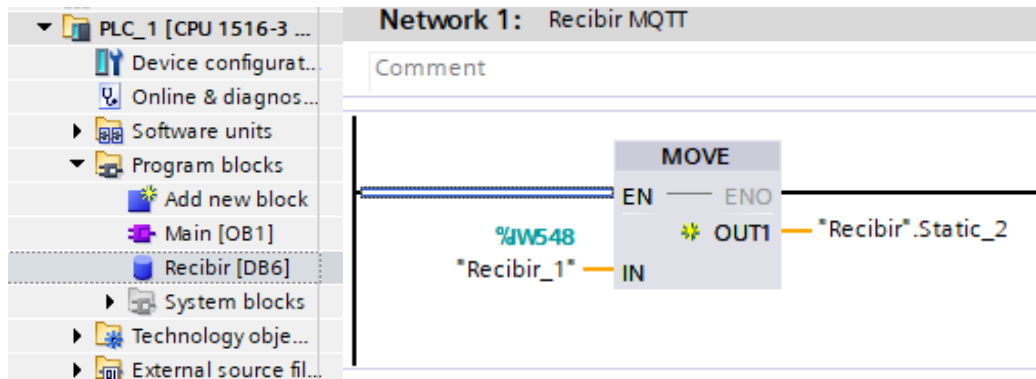


Figura 2.40, Movimiento de dato a DB, Fuente: Autor

2.6 Resultados del Proyecto

Finalmente, el diagrama del sistema completo es representado en la Figura 2.41, este sistema físicamente es implementado satisfactoriamente y mostrado en la Figura 2.42 y Figura 2.43.

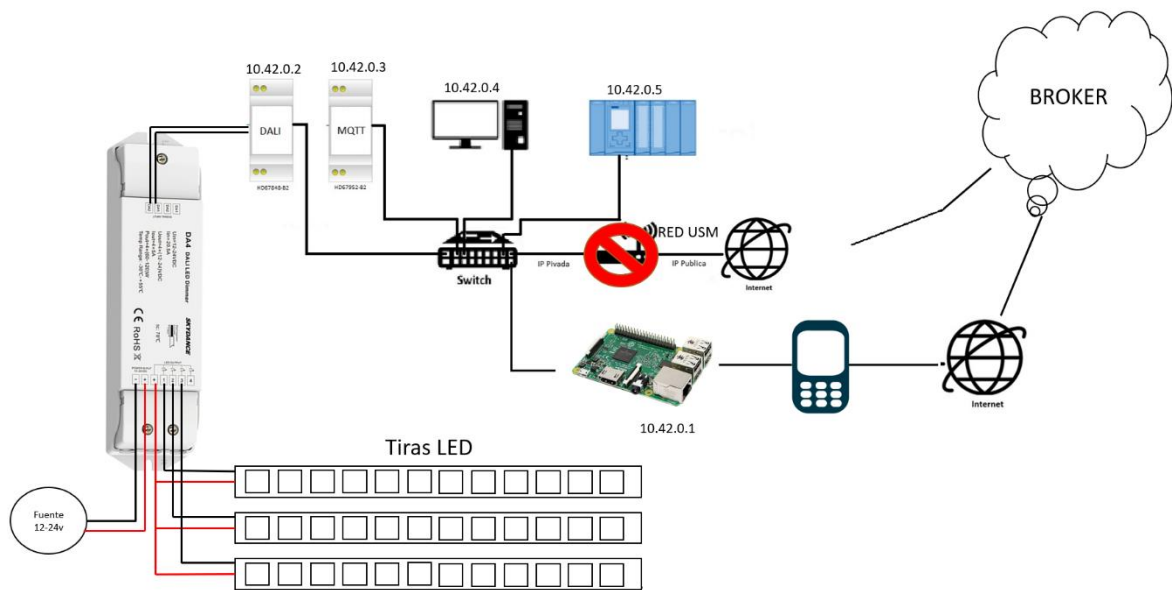


Figura 2.41, Diagrama Final, Fuente: Autor.

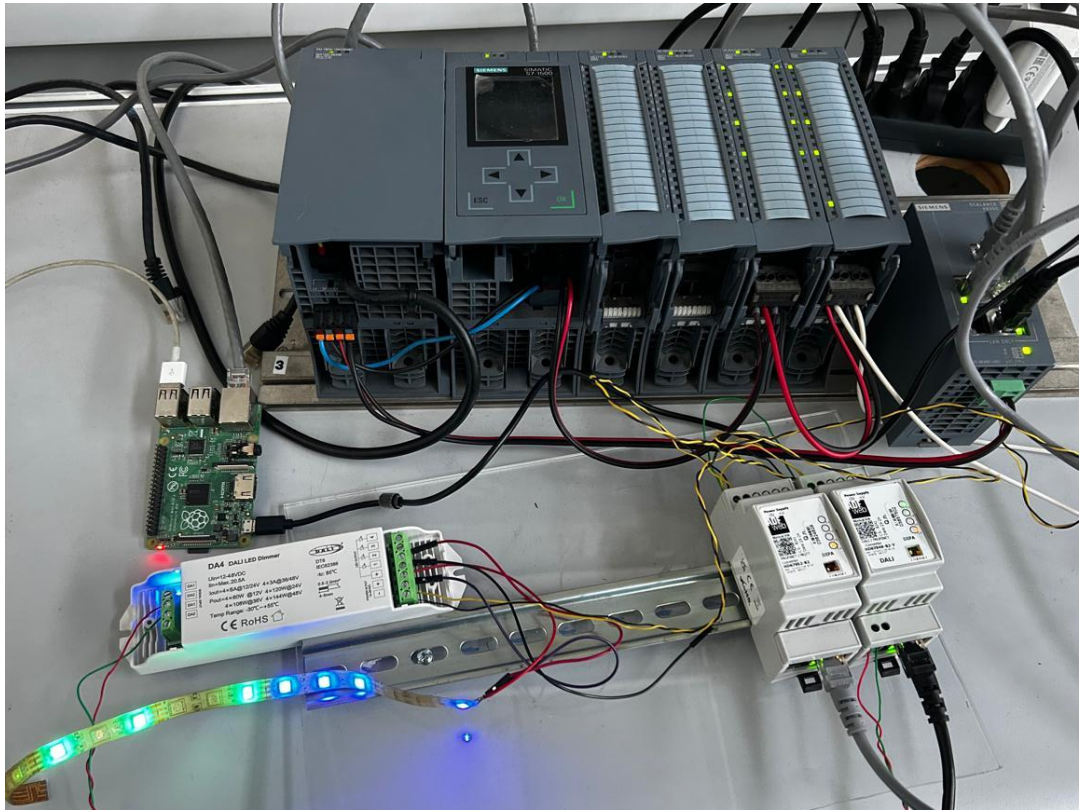


Figura 2.42, Implementación del Hardware



Figura 2.43, Implementación del proyecto final

CAPÍTULO 3 : COSTOS Y ENTREGABLES

3 Costos y entregables

El presente capítulo aborda el análisis de costos y beneficios asociados al proyecto, considerando tanto el tiempo invertido en las distintas etapas de desarrollo como los recursos materiales y humanos necesarios para su ejecución. El objetivo es presentar una estimación realista que permita dimensionar el esfuerzo requerido para llevar a cabo la implementación propuesta.

Además del análisis económico, este capítulo incluye la planificación del trabajo mediante una Carta Gantt y la descripción de los documentos didácticos generados como entregables, los cuales forman parte esencial del aporte académico de este proyecto.

3.1 Carta Gantt:

Con el objetivo de organizar y planificar adecuadamente las actividades del proyecto, se elabora una Carta Gantt que detalla las tareas a realizar, los tiempos estimados y la asignación de recursos. Esta planificación se diseña considerando una implantación desde cero, suponiendo que todas las labores serían ejecutadas por una sola persona. No obstante, en un escenario con mayor disponibilidad de personal, es posible realizar varias actividades en paralelo para optimizar el tiempo total de ejecución.

La planificación contempla etapas como investigación, revisión teórica, implementación de hardware, programación, pruebas y elaboración de informes. El tiempo estimado para completar el proyecto es de 240 horas, distribuidas en un período de ocho semanas, tal como se presenta en la Figura 3.1.

3.2.1 Valor Total:

El cálculo final considera tanto el costo de los componentes como las horas hombre necesarias para desarrollar e implementar el proyecto. En este caso, se estimó un total de 240 horas de trabajo, equivalentes a 60 UF.

Al sumar los costos de equipamiento (38,236 UF) y las horas hombre, se obtiene un presupuesto total aproximado de 98,236 UF, tal como se resume en la tabla

Tabla 3, Costos totales, Fuente: Valores promediados por el autor.

Horas Hombre[HH]	
Valor UF	0,25
Totales	240
Costos Totales	
Componentes[UF]	38,236
Horas Hombre[UF]	60
Valor Total[UF]	98,236

3.3 Resumen de costos

Al revisar los cálculos, se puede ver que la mayor parte del presupuesto está concentrada en el hardware principal, como el PLC y los Gateway de comunicación, que son indispensables para poder implementar MQTT y DALI en un mismo sistema. Estos equipos representan la base de todo el proyecto, por lo que su costo más alto está justificado.

Por otro lado, las horas hombre también suman un valor importante, ya que, se estimó el trabajo completo desde cero, considerando investigación, implementación y pruebas. Esto refleja el esfuerzo que implica desarrollar un proyecto de este tipo de manera ordenada y con documentación útil para otros.

En total, el presupuesto alcanza las 98,236 UF, lo que entrega una idea clara de lo que significa llevar a cabo la implementación tanto en recursos como en tiempo. Más allá del

número, este análisis permite dimensionar que la inversión no solo se traduce en equipos, sino también en la generación de material y experiencias prácticas que quedarán como aporte para la universidad y los futuros estudiantes.

3.4 Experiencias de laboratorio

Los entregables de este trabajo de título incluyen dos guías introductorias a la tecnología, las cuales proporcionan los conocimientos básicos necesarios. Posteriormente, se desarrolla una experiencia de laboratorio diseñada para permitir la interacción práctica entre ambas tecnologías, facilitando la comprensión de su funcionamiento en conjunto y la aplicación de los conceptos teóricos presentados en las guías.

3.4.1 Trabajos a desarrollar en guía 1

Esta guía pretende introducir al alumno en DALI, que conozca la tecnología, se familiarice con ella y los módulos.

Objetivo Principal

Conocer la tecnología y los módulos HD67952-B2, que funcionan como Gateway entre PROFINET y DALI, de esta forma es posible controlar sistemas DALI mediante PLC.

Objetivos específicos

- Implementar Gateway Dalí con red PROFINET.
- Configuración de equipos mediante redes.
- Control de equipos mediante el manejo de memorias.
- Incluir bloques de programación MOVE
- Implementar Red DALI

Equipos y accesorios

- PLC Siemens S7-1516 3PN-DP

- Pantalla HMI KTP-700.
- Módulo HD67848-B2

Esquema de Hardware

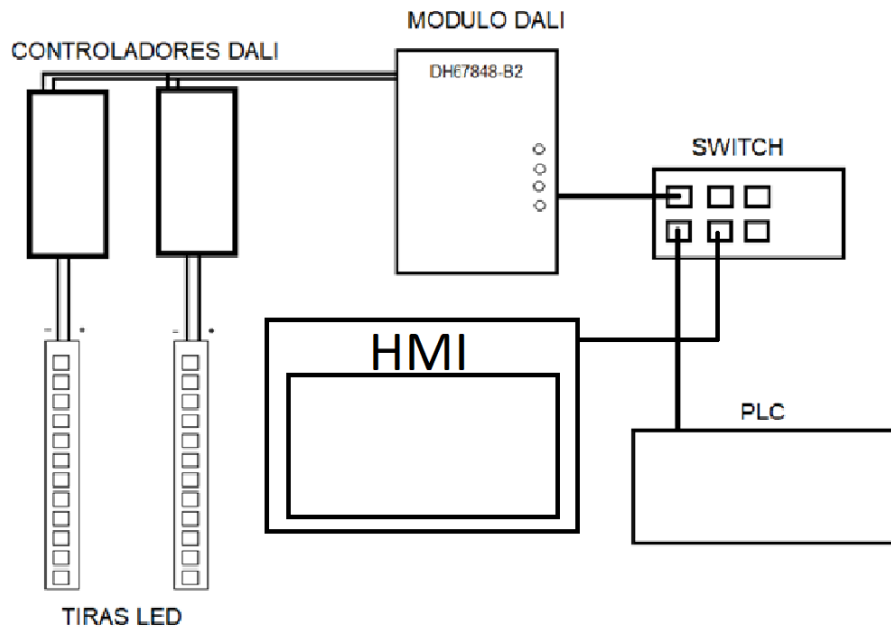


Figura 3.2, Diagrama de conexiones guía 1

Desarrollo

Se desea implementar una Red DALI con el Gateway HD67952-B2, esta red debe ser controlada mediante un HMI (Figura 3.2).

Paso 1: Utilizar Software oficial para configurar la red

Una vez dentro del software SW67848 se debe ingresar a “Set Communication” (Figura 3.3) y designar una dirección IP ADDRESS, esto sin modificar ningún otro valor. Recordar que esta dirección IP de preferencia debe estar en el segmento 192.168.x.x.

También no olvidar revisar la dirección del computador utilizado y asegurarse de que se encuentre en la misma red.

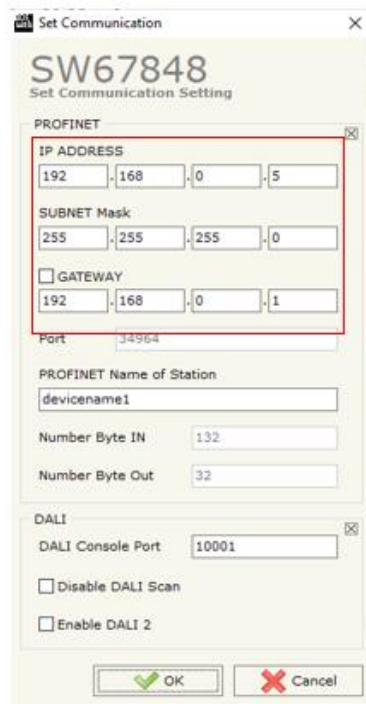


Figura 3.3, Menu de comunicación, Fuente: Manual.

Paso 2: Crear el archivo XML

Una vez configurada la IP se debe crear el archivo XML el cual permite el intercambio de información entre el módulo y dispositivos externos (en este caso el PLC).

Para crear este archivo se debe ingresar al menú PROFINET XML (Figura 3.4), y desde esta ventana ingresar un nombre para luego identificar el archivo presionar OK y guardar el archivo en una carpeta.

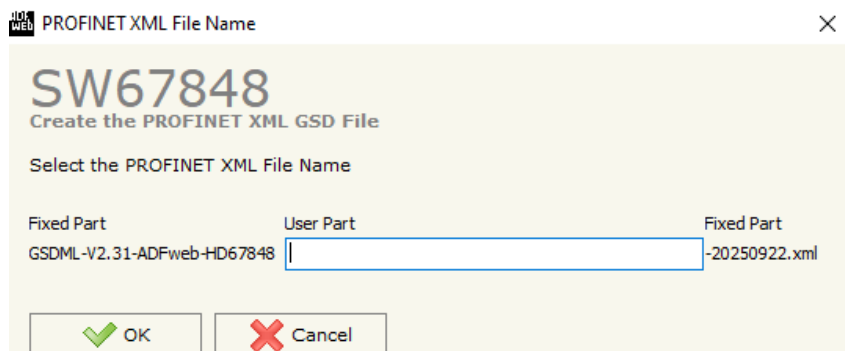


Figura 3.4, Menú para generar archivo XML, Fuente: SW67848

Paso 3: Subir configuración a modulo

Para que el módulo reciba los datos ingresados se deben subir en el menú UPDATE DEVICE UDP (Figura 3.5), se debe tener en cuenta que no se haya modificado la dirección IP:

1. Con el dispositivo desconectado de la corriente debe ser configurado en “Boot Mode”, esto se logra moviendo el dip switch visto en la cara frontal del módulo en la dirección que indica la Figura 3.6.
2. Ingresando la dirección IP predeterminada la cual es 192.168.2.205. Recordar modificar la dirección IP del PC al mismo segmento que la dirección predeterminada o no se establecerá la comunicación.

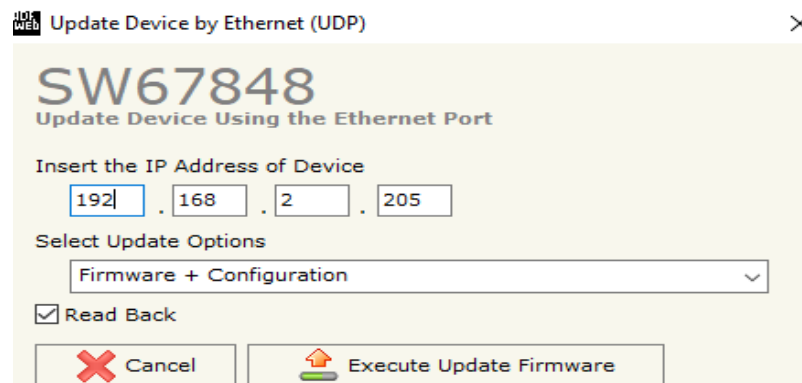


Figura 3.5, Menú para subir archivos a modulo, Fuente: SW67848

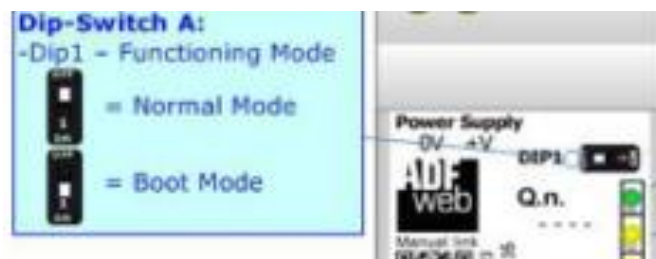


Figura 3.6, Dip switch, Fuente: Manual de usuario

Finalmente se debe esperar a que el programa suba de forma automática la configuración presionando el botón de Update.

Paso 4: Agregar archivo XML a TIA Portal

Para agregar el archivo creado desde el software SW67848 se deben seguir algunos pasos:

1. Iniciar TIA Portal, crear un proyecto nuevo y una vez estando en el área de trabajo dirigirse a la barra superior, entrar al menú de opciones y seleccionar el menú mostrado en la Figura 3.7.

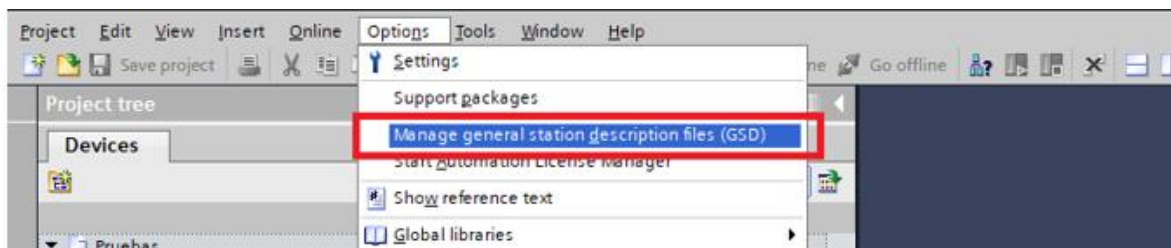


Figura 3.7, Agregar archivo XML paso 1, Fuente: TIA Portal

2. Una vez abierta la ventana (Figura 3.8) se debe presionar los 3 puntos de la parte superior derecha buscar la carpeta donde se guardó el archivo XML y cargarlo. Luego una vez cargado el archivo aparecerá en la ventana que antes estaba vacía, seleccione la casilla del archivo, presione instalar, espere a que aparezca la ventana izquierda de la Figura 3.8 y presione “close” y reinicie el programa.

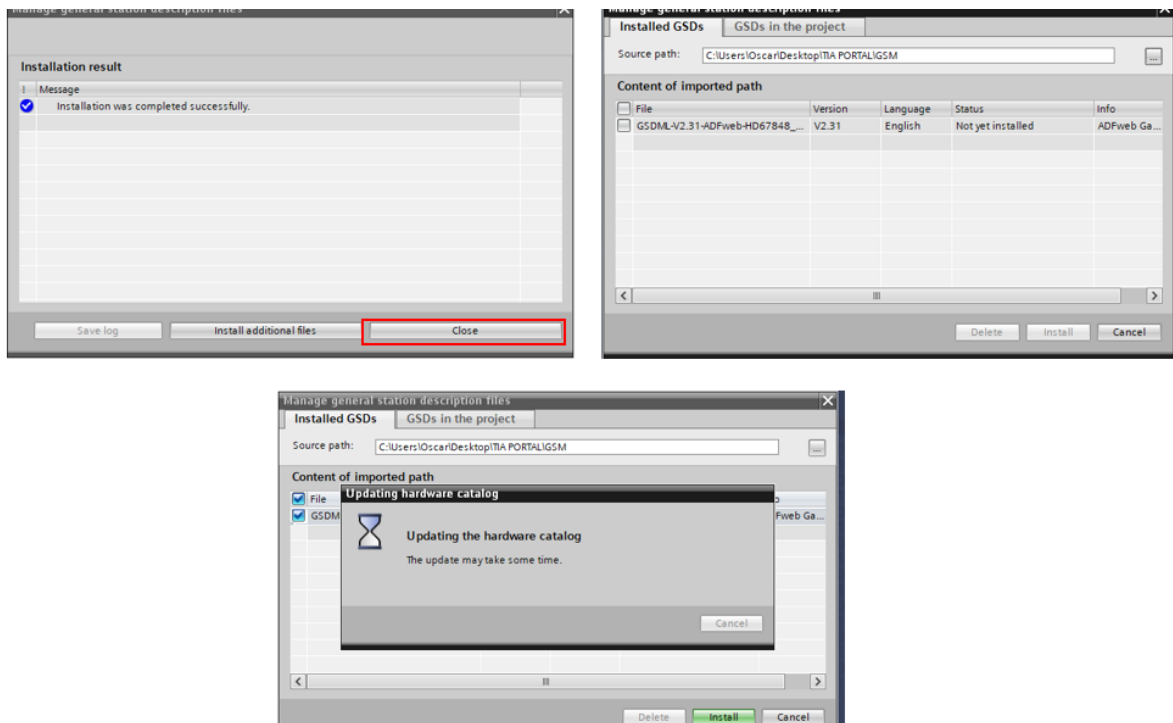


Figura 3.8, Instalacion de archivo XML, Fuente: TIA Portal.

3. Una vez reiniciado el programa se deben agregar los módulos creados por el archivo. Estos se deben agregar en “Network View” (Figura 3.9) mediante el “Hardware catalog” siguiendo los pasos de la Figura 3.10. No olvidar enlazar todos los dispositivos conectados en la vista topológica (Figura 3.11).

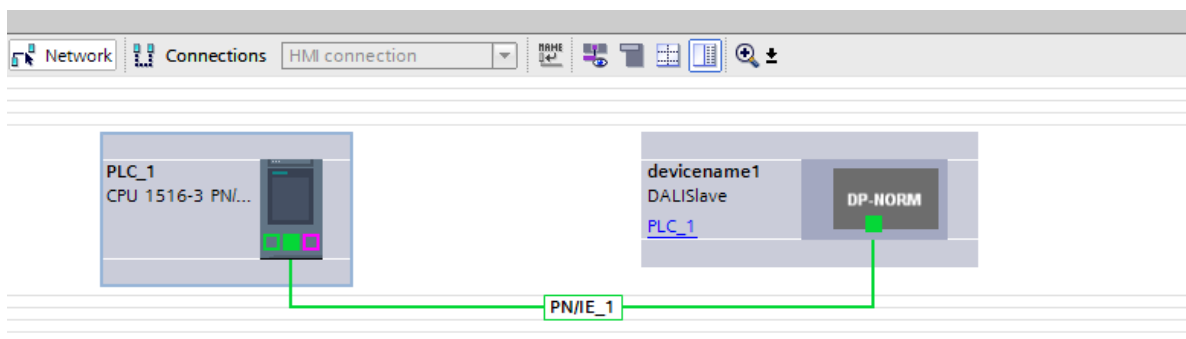


Figura 3.9, Vista de red, Fuente: TIA Portal.

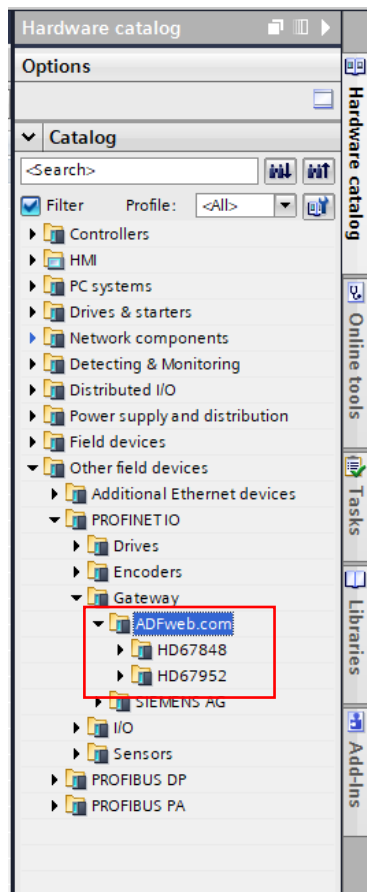


Figura 3.10, Hardware catalog, Fuente: TIA Portal.

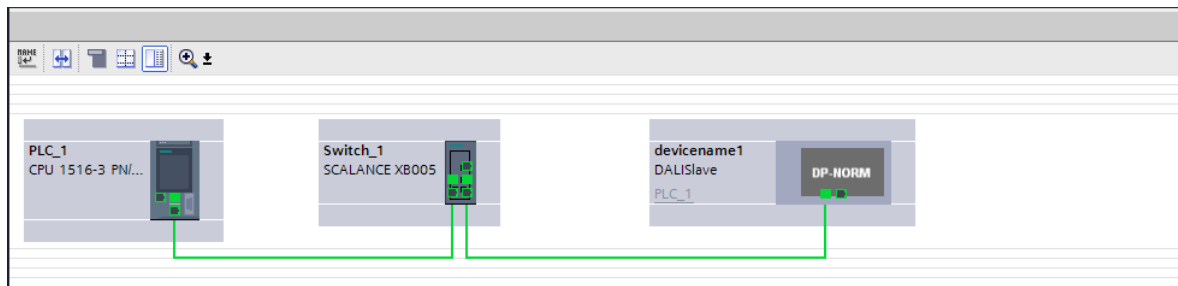


Figura 3.11, vista topológica, Fuente: TIA Portal.

Paso 5: verificar memorias y dirección de módulo

Una vez agregado el módulo, este asigna espacios disponibles de memoria y proporciona una dirección IP predeterminada. Por esto, por un lado, se deben revisar cuales son las direcciones de las memorias y a su vez modificar la dirección IP a una que este dentro del rango ya definido.

Para saber las direcciones de las memorias es tan simple como seleccionar el módulo y revisar el menú desplegable que aparece en el lado derecho de la pantalla, específicamente donde marca el recuadro rojo de la Figura 3.12.

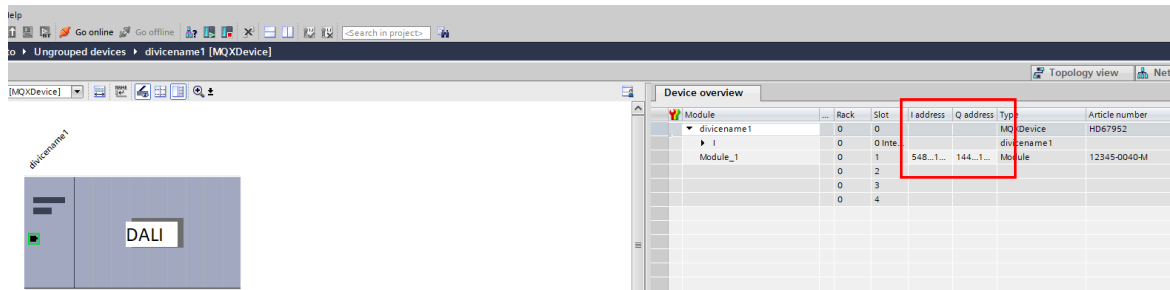


Figura 3.12, Direcciones de memoria, Fuente: TIA Portal.

Finalmente, para verificar la IP se debe ingresar en la configuración general del mismo módulo y modificar la dirección de PROFINET, como muestra la Figura 3.13.

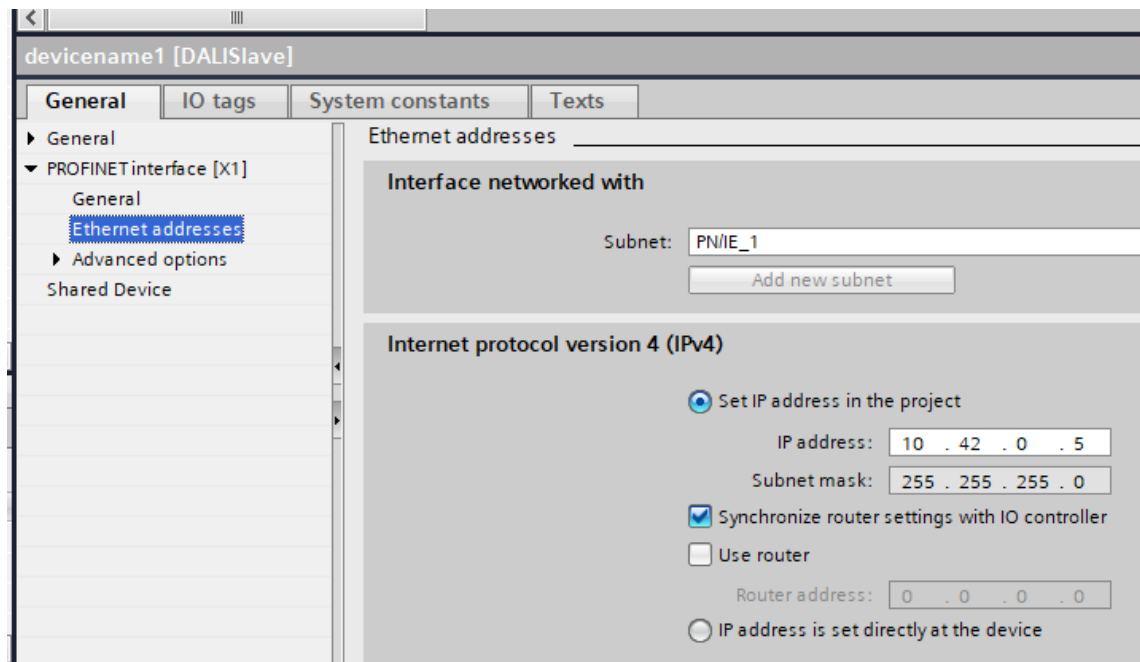


Figura 3.13, Modificar dirección IP, Fuente: TIA Portal.

Paso 6: Programación

En DALI los espacios de memorias ya vienen designados por el fabricante, para este caso se utilizará la dirección 80(Figura 3.14) que permite controlar el brillo del dispositivo en un rango de 0-255.

Recordar contrastar con los espacios que entrega Tia portal; por ejemplo, si los espacios de TIA Portal están del 20 – 200, la dirección 80 de DALI será en realidad la 100 en TIA Portal.

CONFIGURACIÓN AVANZADA (TRANSMISIÓN)	
Byte PROFINET	Descripción
80	ADV para configurar

Figura 3.14, Espacio de memoria a utilizar, Fuente: Manual de usuario.

Finalmente debe crear un programa capaz de controlar el brillo del módulo DALI mediante un HMI.

Al momento de conectar los módulos debe tener en cuenta la polaridad del Gateway y la forma de conexión del bus DALI, revisar Figura 3.15.

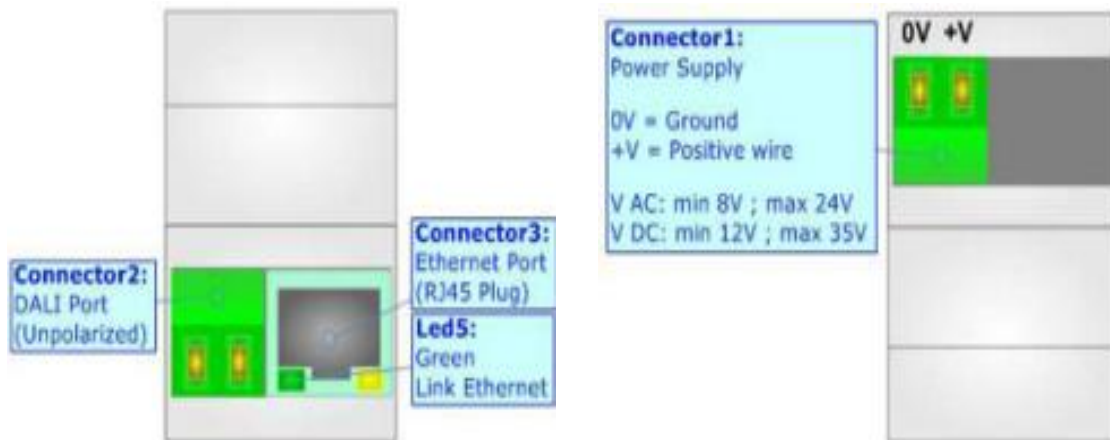


Figura 3.15, Conexiones modulo, Fuente: Manual de usuario.

3.4.2 Trabajos a desarrollar en guía 2

Esta guía pretende introducir al alumno en el protocolo de comunicación MQTT, se familiarice con este y conozca los módulos presentes en la universidad.

Objetivo principal

Comunicar los módulos HD67848-B2 que funcionan como Gateway entre PROFINET y MQTT. De esta forma el alumno será capaz de controlar un sistema de forma remota mediante PLC, esto a través de MQTT.

Objetivo específico

- Implementar Gateway MQTT Con red PROFINET.
- Configuración de equipos mediante redes.
- Control de equipos mediante el manejo de memorias.
- Incluir bloques de programación MOVE
- Implementar Red MQTT.
- Control remoto de 3 sensores (simulados) mediante un HMI.

Equipos y accesorios:

- PLC Siemens S7-1516 3PN-DP
- Pantalla HMI KTP-700.
- Modulo HD67952-B2

Esquema de Hardware

Esta guía describe el control simulado de tres sensores: temperatura, presión y humedad. Los datos de estos sensores son enviados mediante un bróker MQTT al módulo HD67952-B2. A su vez, este módulo envía los datos al PLC para que puedan ser controlados desde la HMI. El sistema de control completo está representado en la Figura 3.16.

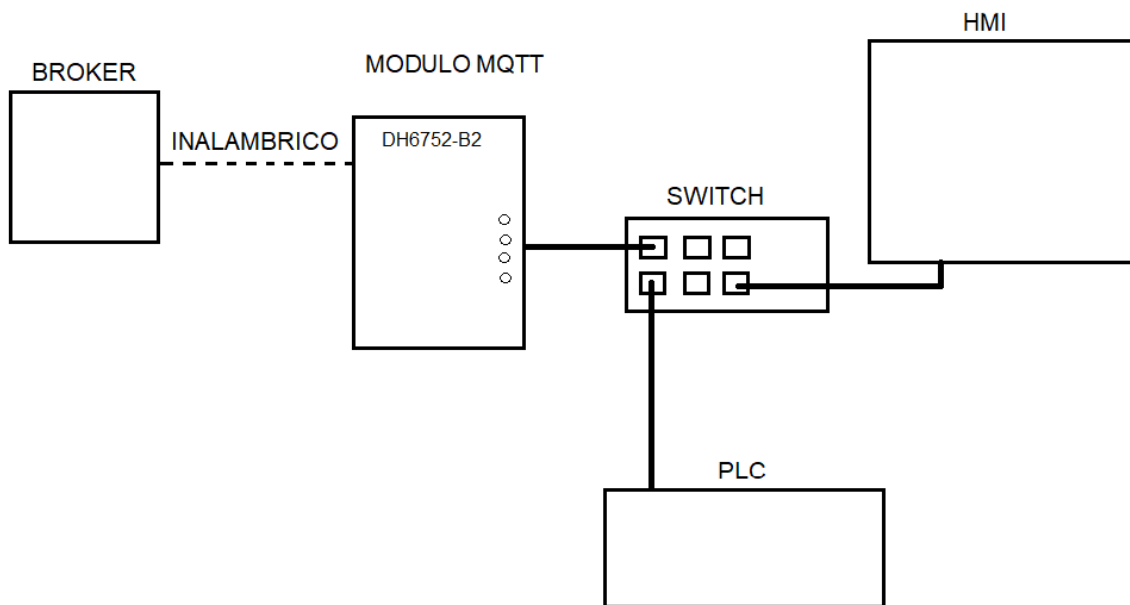


Figura 3.16, Diagrama de conexiones guía 2, Fuente: Esquema.

Desarrollo

Se deben seguir los pasos para lograr el objetivo dado, estos ayudaran a configurar y enlazar los equipos para luego el alumno pueda realizar la programación sin ningún problema.

Paso 1: Configuración de bróker MQTT

Lo primero que se debe hacer para realizar este sistema es configurar el bróker MQTT (investigue para que sirve y que función cumple), existen varios softwares gratuitos que ayudan con la comunicación con brókeres de pago y gratuitos.

Uno de los servidores más famosos es Mosquitto.org, y mediante el bróker MQTTX se realizará la conexión con el servidor como se muestra en la Figura 3.17, debe copiar las credenciales “Host” y “Port”, “Name” y “Cliente ID” son identificadores y pueden identificarse como más prefiera el alumno.

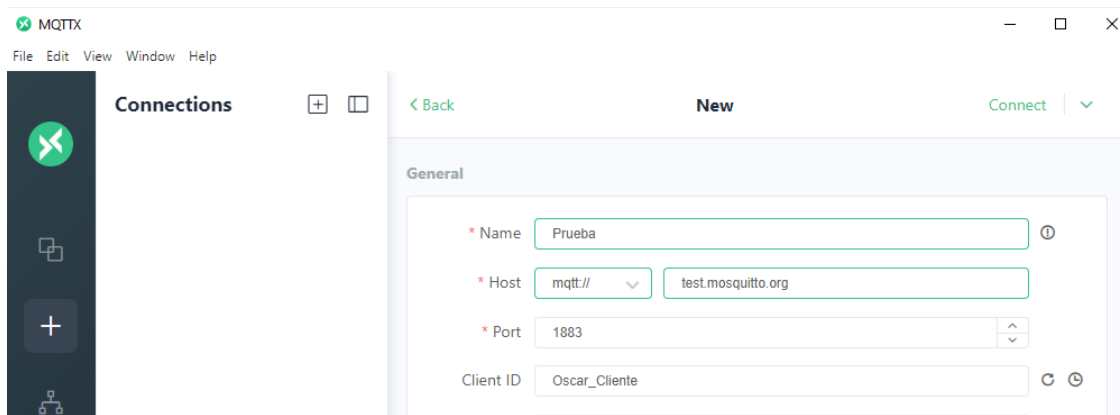


Figura 3.17, Configuración de Broker MQTT, Fuente: MQTTX.

Luego se deben crear los tópicos (Investigar que son y para qué sirven).

Una vez creado el servidor y puesto en marcha se debería desplegar algo como en la Figura 3.18, donde MQTTX permite agregar tópicos (recuadro rojo), en este recuadro debe crear 3 tópicos que sigan la siguiente jerarquía de la Tabla 4.

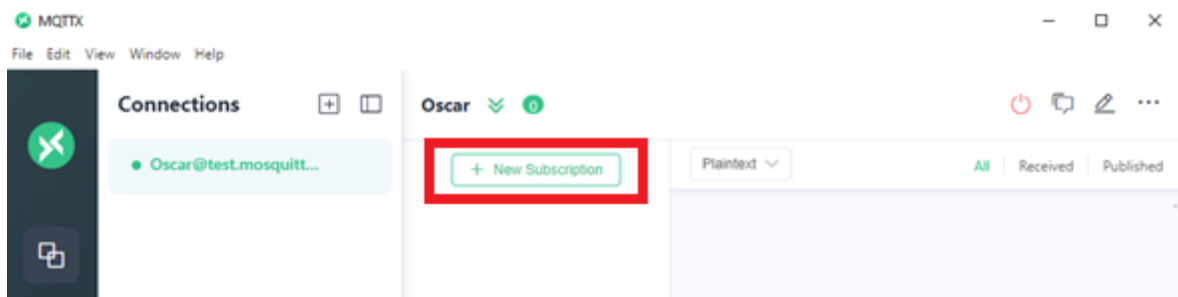


Figura 3.18, Ingreso de nuevos tópicos, Fuente: MQTTX

N°	Topic
1	Sensores/Temperatura
2	Sensores/Humedad
3	Sensores/Presencia

Tabla 4 Jerarquía de tópicos, Fuente: Tópicos.

Una vez dentro del menú los tópicos solo se agregan de forma escrita y no se toca nada más dentro del menú aceptando y repitiendo esta acción 3 veces como muestra la Figura 3.19.

The image shows a 'New Subscription' dialog box in MQTTX. It includes a title bar with a close button, a '+ New Subscription' button, and three input fields: 'Topic' (containing 'Sensores/Temperatura'), 'QoS' (set to '0' with a dropdown menu labeled 'At most once'), and 'Color' (set to '#718E1E'). To the right, there are three subscription cards with colored bars and labels: 'Sensores/Temper...' (purple bar), 'Sensores/Humed...' (pink bar), and 'Sensores/Presencia' (green bar), all with 'QoS 0'.

Figura 3.19, Configuración de Tópicos, Fuente: MQTTX.

Paso 2: Configuración de red

Debe abrir el programa HD67848-B2 (Figura 3.20) luego ingresar a “Set Communication” en este apartado se debe asegurar de en primer lugar habilitar los DNS y colocar los utilizados en su red de internet, los tópicos son los indicados en la Figura 3.20.

Asegurase también que el Tunneling Port mantenga el valor indicado e ingrese en el apartado del recuadro rojo una dirección IP disponible en el segmento de red de su LAN. Recuerde que la red del computador y PLC deben pertenecer al mismo segmento de red o no se establecerá comunicación.

En el punto 4, debe colocar el mismo servidor MQTT que coloco en el bróker, en este caso es el mostrado en el recuadro naranja de Figura 3.20.

Observación: para sincronizar los dispositivos se debe configurar el NTP con los siguientes datos:

Poll Time: 1000

Server URL: Pool.ntp.org

SW67952
Set Communication Setting

1. Select Device

Type: Only Ethernet Cable

2. Ethernet Connection

Device Name (Hostname):

Obtain an IP Address Automatically (DHCP for Cable Connection)

Obtain an IP Address Automatically (DHCP for Wi-Fi Connection)

Enable DNS

Primary DNS: 8 . 8 . 8 . 8

Secondary DNS: 8 . 8 . 4 . 4

3. PROFINE1

IP Address: 192 . 168 . 0 . 5

SubNet Mask: 255 . 255 . 255 . 0

Gateway: 192 . 168 . 0 . 1

Tunneling Port: 2000

Name of Station: devicename1

Number Bytes Input: 1438

Number Bytes Output: 1438

Diagnostic: 0

4. MQTT

Server URL: test.mosquitto.org

Server Port: 1883

Client ID:

Keep Alive (seconds): 60

Clean Session

Will Flag

Publish Topic on Connection

Username:

Password:

5. Ethernet

6. TLS (Transport Layer Security)

Enable TLS

OK Cancel

Figura 3.20, configuración de comunicación. Fuente: SW67952.

Paso 3: Configuración de tópicos en SW67952

Para configurar los tópicos ingresar a “MQTT Set Topic” del software en este apartado se ingresan los Tópicos configurados en el bróker. La forma correcta es la mostrada en la Figura 3.21, donde se puede observar que se declara la variable de los tópicos de Publish en este caso como valores enteros (INT) de 4 bytes, además se debe designar el espacio de memoria entre cada tópico, en este caso como cada uno tiene un peso de 4, las direcciones(posiciones) designadas son cada 4 bytes.

Agregar “\$VALUE\$” a Template, esto es un tipo de jerga para intercambio de datos de MQTT. Según el manual esto sirve para que ese arreglo sea intercambiado por el valor entero del tópico.

MQTT Publish											MQTT Subscribe
N	Topic	Retained	QoS	Data Type	Dimension	Position	Template	OnChange	OnCMD	OnTimer	Tim ^
1	Sensores/Temperatura	<input type="checkbox"/>	0	Int	4	0	\$VALUE\$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	500
2	Sensores/Humedad	<input type="checkbox"/>	0	Int	4	4	\$VALUE\$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	500
3	Sensores/Presencia	<input type="checkbox"/>	0	Int	4	8	\$VALUE\$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	500
4		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

OK Cancel Delete Row Insert Row Copy Row Paste Row Allow CR and LF in Template

Figura 3.21, Cliente publicador, Fuente: SW67952

Se deben repetir los mismos datos para los tópicos de Suscribe, esto para que el módulo pueda leer y escribir en todos los tópicos, los espacios de memoria parten desde 0 ya que el módulo presenta dos tramos de memoria distintos para datos de entrada y de salida, ver Figura 3.22 como ejemplo de cómo debería quedar el menú.

MQTT Publish											MQTT Subscribe
N	Topic	QoS	Data Type	Dimension	Position	Template	Mnemonic				
1	Sensores/Temperatura	0	Int	4	0	\$VALUE\$					
2	Sensores/Humedad	0	Int	4	4	\$VALUE\$					
3	Sensores/Presencia	0	Int	4	8	\$VALUE\$					
4											
5											
6											
7											
8											

OK Cancel Delete Row Insert Row Copy Row Paste Row Allow CR and LF in Template

Figura 3.22, Cliente Subscriber, Fuente: SW67952

Paso 4: Crear archivo XML

El archivo XML se crea para establecer el intercambio de datos entre el PLC y el dispositivo HD67952, este archivo se crea en el menú “PROFINET XML” mostrado en la Figura 3.23, este archivo debe ser renombrado y guardado en una carpeta para su posterior utilización.

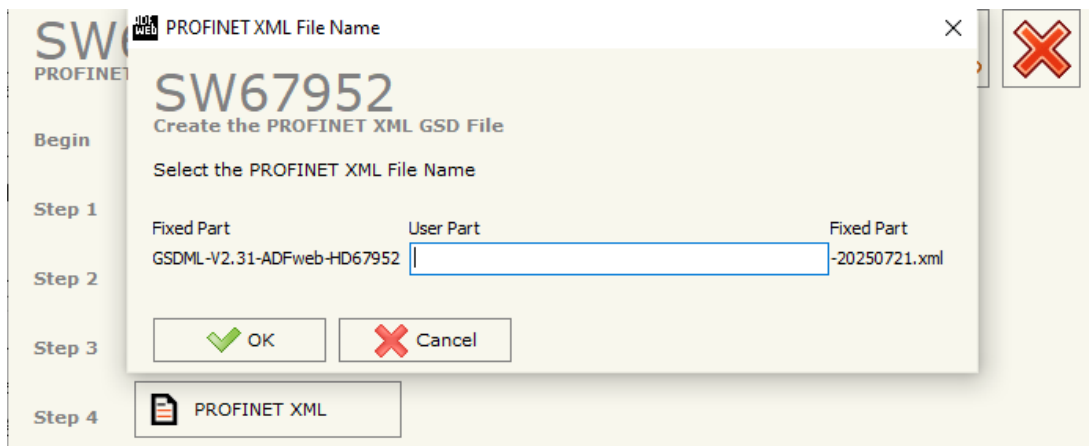


Figura 3.23, Creacion del archivo XML, Fuente: SW67952.

Paso 5: Subir configuración a modulo

Para que el módulo reciba los datos ingresados se deben subir en el menú UPDATE DEVICE UDP (Figura 3.24), se debe tener en cuenta que si no se ha modificada la dirección IP:

1. Con el dispositivo desconectado de la corriente debe ser configurado en “Boot Mode”, esto se logra moviendo el dip switch visto en la cara frontal del módulo en la dirección que indica la Figura 3.25.
2. Ingresando la dirección IP predeterminada la cual es 192.168.2.205. Recordar modificar la dirección IP del PC al mismo segmento que la dirección predeterminada o no se establecerá la comunicación.

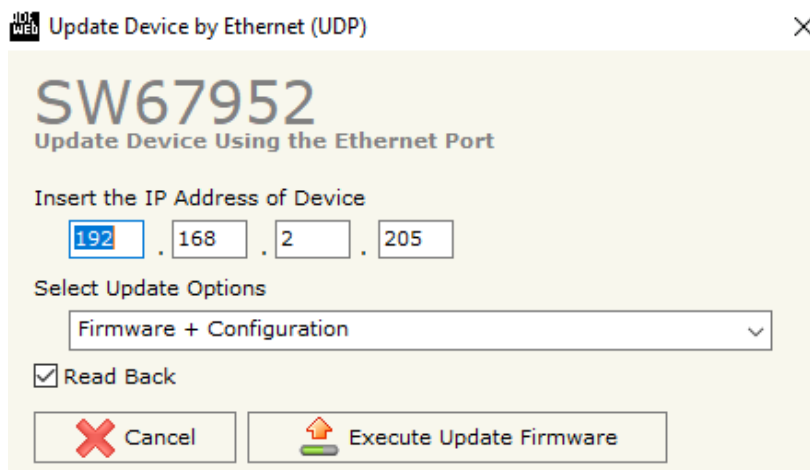


Figura 3.24, Menú para subir archivos a modulo, Fuente: SW67952.

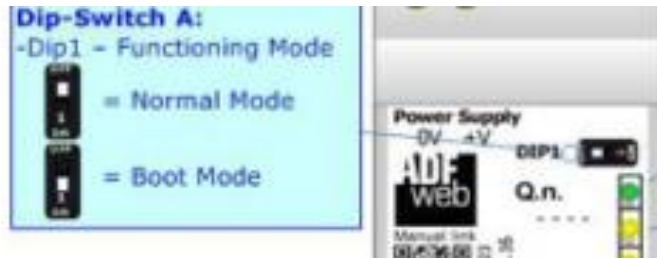


Figura 3.25, Dip switch, Fuente: Manual de usuario.

Finalmente se debe esperar a que el programa suba de forma automática la configuración presionando el botón de Update.

Paso 6: Agregar archivo XML a TIA Portal

Para agregar el archivo creado desde el software SW67952 se deben seguir algunos pasos:

1. Iniciar TIA Portal, crear un proyecto nuevo y una vez estando en el área de trabajo dirigirse a la barra superior, entrar al menú de opciones y seleccionar el menú mostrado en la Figura 3.26.

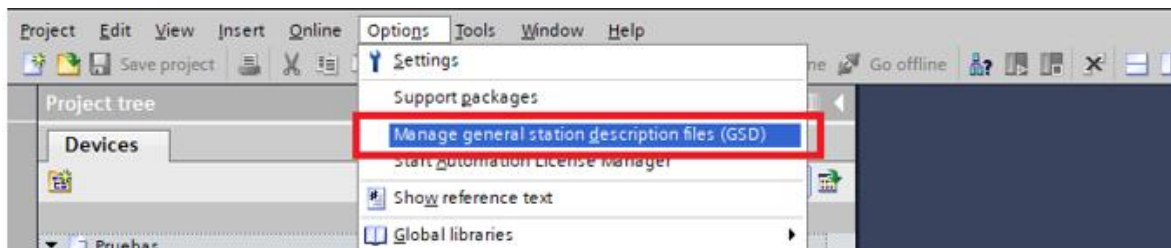


Figura 3.26, Agregar archivo XML paso 1, Fuente: TIA Portal

2. Una vez abierta la ventana (Figura 3.27) se debe presionar los 3 puntos de la parte superior derecha buscar la carpeta donde se guardó el archivo XML y cargarlo. Luego una vez cargado el archivo aparecerá en la ventana que antes estaba vacía, cliqué la casilla del archivo, presione instalar, espere a que aparezca la ventana izquierda de la Figura 3.27y presione “close” y reinicie el programa.

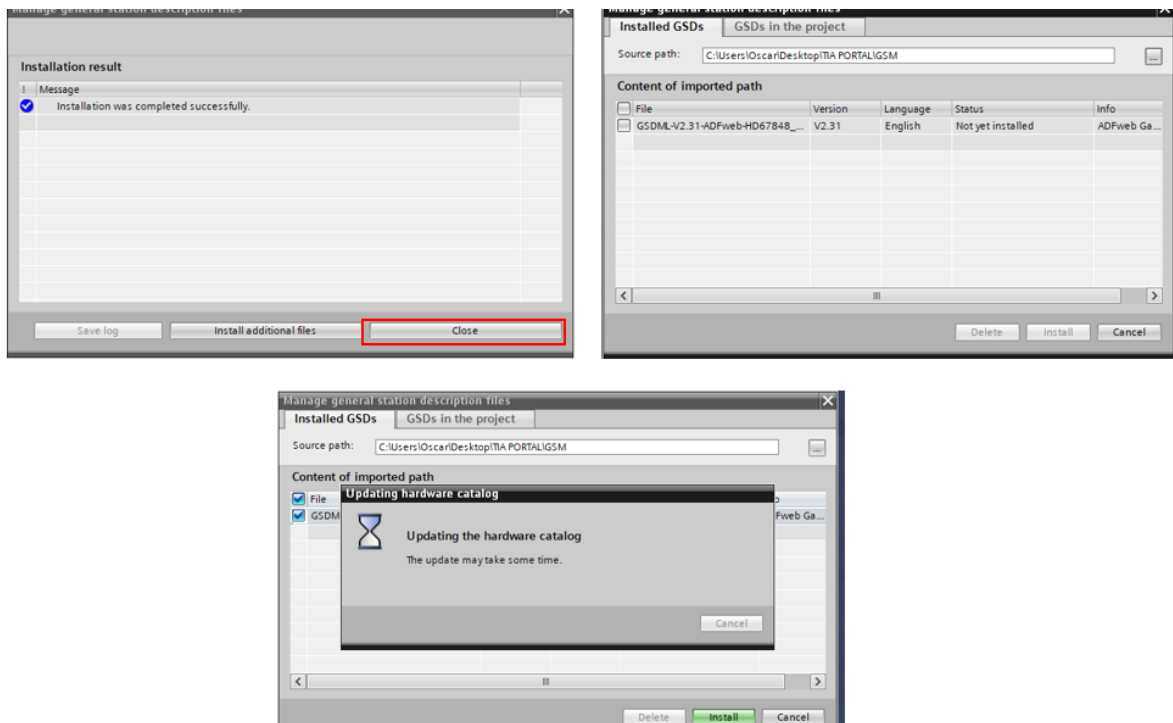


Figura 3.27, Instalacion de archivo XML, Fuente: TIA Portal.

3. Una vez reiniciado el programa se deben agregar los módulos creados por el archivo. Estos se deben agregar en “Network View” (Figura 3.28) mediante el “Hardware catalog” siguiendo los pasos de la Figura 3.29. No olvidar enlazar todos los dispositivos conectados en la vista topológica (Figura 3.30).

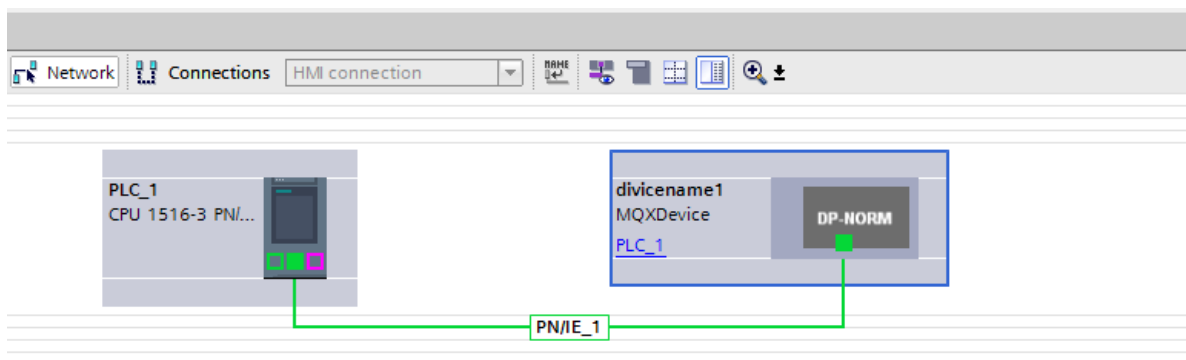


Figura 3.28, Vista de red, Fuente: TIA Portal.

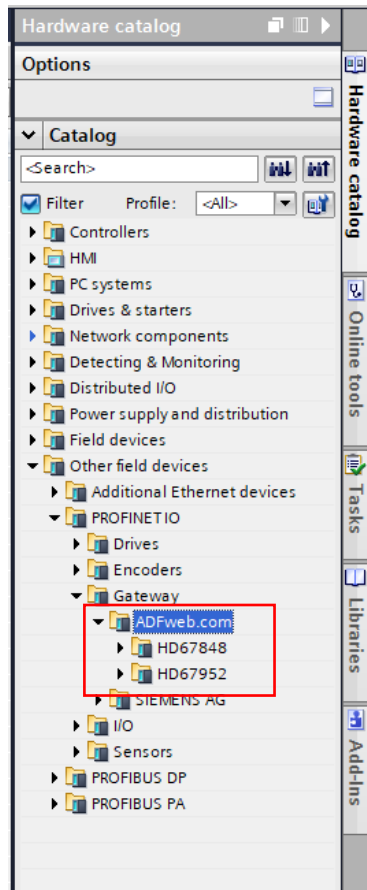


Figura 3.29, Hardware catalog, Fuente: TIA Portal.

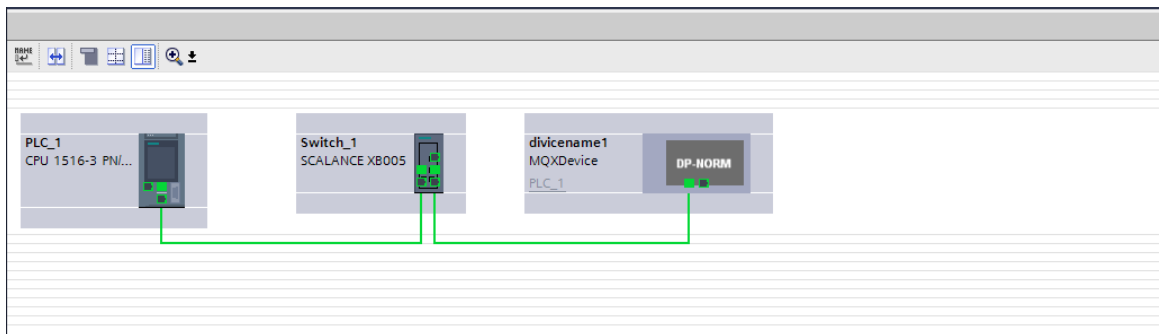


Figura 3.30, vista topológica, Fuente: TIA Portal.

Paso 7: verificar memorias y dirección de modulo

Una vez agregado el módulo, este asigna espacios disponibles de memoria y proporciona una dirección IP predeterminada. Por esto, por un lado, se deben revisar cuales

son las direcciones de las memorias y a su vez modificar la dirección IP a una que este dentro del rango ya definido.

Para saber las direcciones de las memorias es tan simple como seleccionar el módulo y revisar el menú desplegable que aparece en el lado derecho de la pantalla, específicamente donde marca el recuadro rojo de la Figura 3.31.

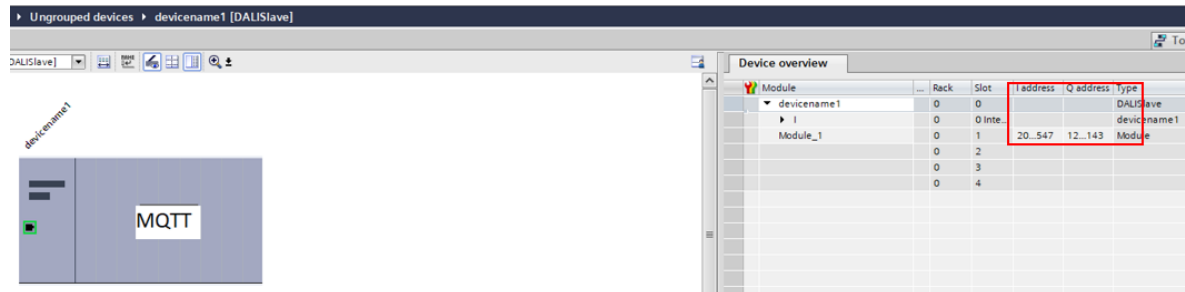


Figura 3.31, Direcciones de memoria, Fuente: TIA Portal.

Finalmente, para verificar la IP se debe ingresar en la configuración general del mismo modulo y modificar la dirección de PROFINET, como muestra la Figura 3.32.

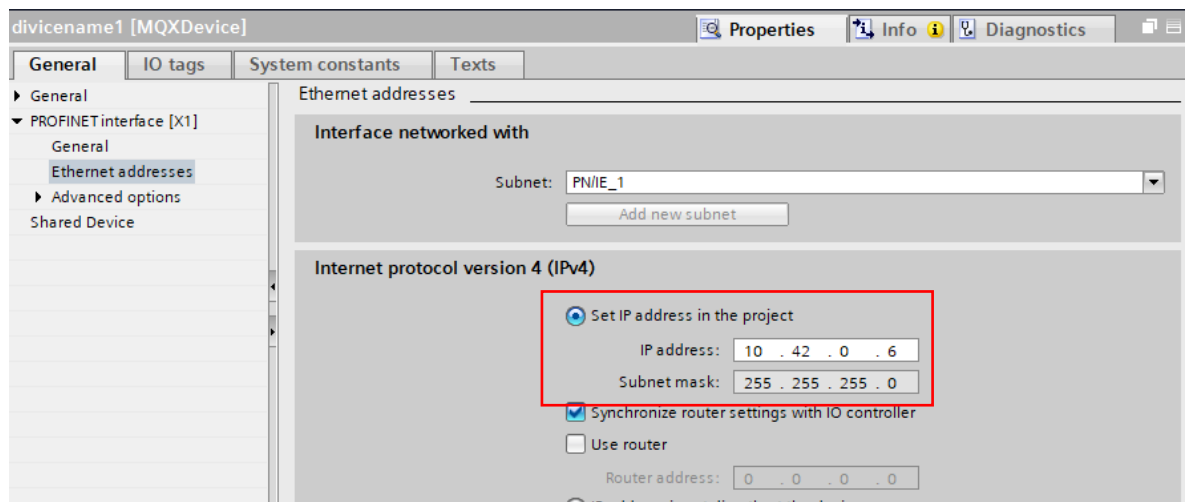


Figura 3.32, Modificar dirección IP, Fuente: TIA Portal.

Paso 8: Verificar alimentación

Antes de conectar tener en consideración polaridad y niveles máximos de alimentación, ver Figura 3.33 como referencia.

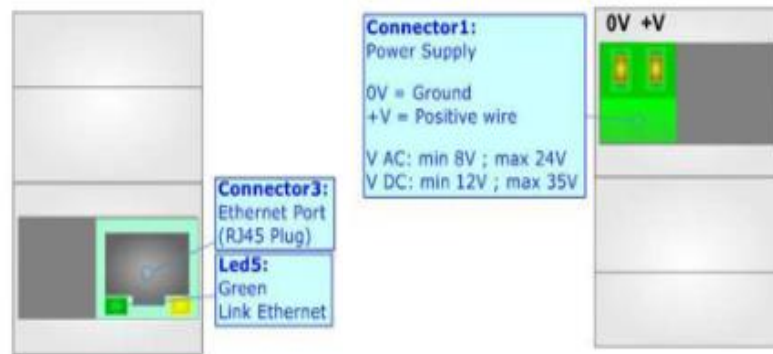


Figura 3.33, Conectores HD67952, Fuente: Manual de usuario.

Paso 9: Programación

Una vez conectado el sistema debe realizar la experiencia propuesta.

3.4.3 Experiencia

En esta experiencia se espera que el alumno ya conozca las tecnologías MQTT y DALI y como implementar las Gateway HD67952 y DH67848, de esta forma al conocer de forma individual cada módulo ahora pueda integrarlos en una sola experiencia.

Objetivo Principal

El alumno deberá enfrentarse a la implementación de dos módulos Gateway de distintas tecnologías a una red PROFINET, centralizando el sistema, y realizando un correcto y demostrable intercambio de datos.

Objetivos específicos

- Implementar Gateway MQTT y DALI Con red PROFINET.
- Configuración de equipos mediante redes.
- Control de equipos mediante el manejo de memorias.
- Incluir bloques de programación MOVE
- Implementar Red MQTT.

- Implementar Red DALI

Equipos y accesorios

- PLC Siemens S7-1516 3PN-DP
- Pantalla HMI KTP-700.
- Modulo HD67848-B2
- Modulo HD67952-B2

Desarrollo

Se pide utilizar las dos guías anteriores como apoyo para crear un sistema combinado que simule un ambiente industrial en el que se controlen 3 sensores simulados.

Este dato simulado deberá ser ingresado en un bróker MQTT, enviado al PLC mediante el control de las memorias, para posterior generar un programa que al detectar niveles de HH y LL envíe alertas a una HMI y además mediante DALI se genere un indicador visual. Utilizar el esquema de la Figura 3.34 como ayuda visual.

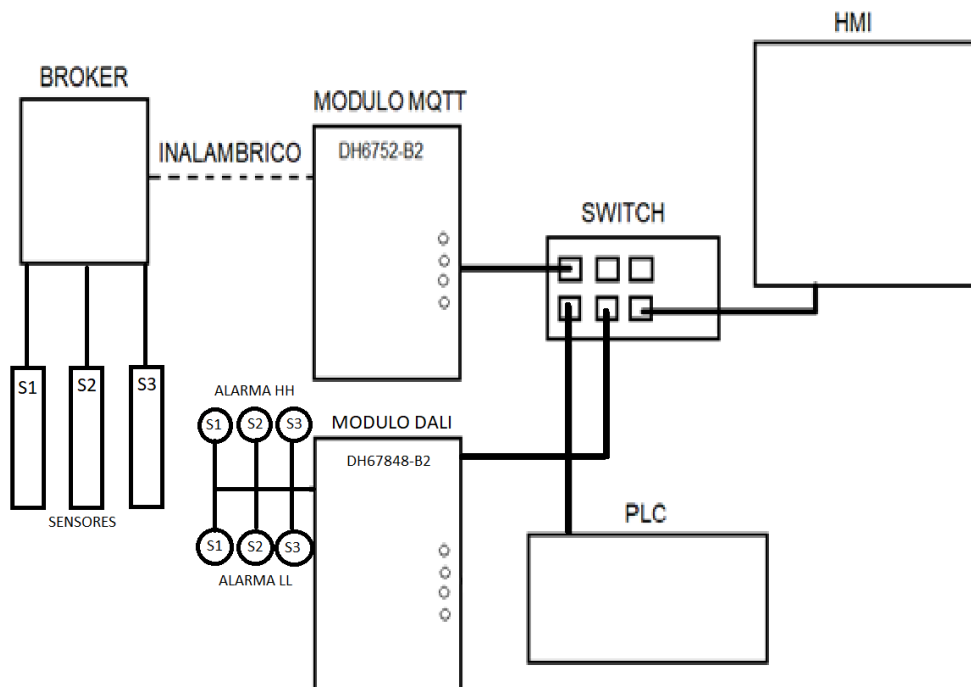


Figura 3.34, Diagrama de experiencia, Fuente: Esquema.

CONCLUSIONES

En resumen, los objetivos planteados en un inicio del proyecto se cumplen exitosamente con las implementaciones del sistema. Este logra comunicar las dos tecnologías de forma eficiente y simple, pudiendo mandar datos desde un extremo a otro obteniendo una respuesta esperada.

Durante el proyecto se tuvo que enfrentar varios inconvenientes que dificultaron la implementación, siendo uno de los más retadores el identificar que los puertos necesarios para comunicarse con el protocolo MQTT no estaban disponibles para usuarios estándar de la universidad. Afortunadamente se identificó el problema y se implementó un sistema de reemplazo con el Raspberry que funcionó adecuadamente, cumpliendo las expectativas y permitiendo el intercambio de datos por MQTT.

También se presentaron las propuestas de experiencias de laboratorio dejando un material de apoyo importante para la asignatura de control.

Para finalizar se concluye que las tecnologías tienen un gran potencial en la educación y en la industria, este proyecto no profundiza en los protocolos, pero sí deja abierta la idea de un futuro implementar una tesis que profundice de forma individual el máximo potencial de las tecnologías.

ANEXO

Anexo A: Información del protocolo NTP

El protocolo NTP (Network Time Protocol) es fundamental para la sincronización horaria en un sistema MQTT. NTP asegura que todos los dispositivos de la red, como los sensores, el bróker y el PLC, trabajen con la misma hora. La sincronización es fundamental para verificar la secuencia de eventos, esto permite:

- Registrar los datos en el orden exacto en que ocurrieron.
- Verificar el tiempo de respuesta del sistema.
- Garantizar la correcta ejecución de acciones programadas.

Anexo B: Documentación para TLS

Este anexo detalla los documentos necesarios para establecer una conexión segura TLS (Transport Layer Security) entre el cliente MQTT y el bróker. Para la implementación de TLS, se requieren los siguientes documentos:

- Certificado del cliente: Archivo de clave pública del cliente. Se utiliza para la autenticación del dispositivo en el bróker. Es fundamental que este certificado esté firmado por la misma autoridad de certificación (CA) que el certificado del bróker.
- Clave privada del cliente: Archivo de clave privada del cliente. Este archivo es indispensable para firmar la comunicación y debe mantenerse seguro, ya que nunca debe ser compartido.
- Certificado de la autoridad de certificación: Archivo que contiene el certificado de la autoridad que firmó los certificados del cliente y del bróker. Es crucial para que ambas partes verifiquen la autenticidad de sus respectivos certificados.
- Certificado del bróker: Archivo de clave pública del bróker. Permite que el cliente autentifique al bróker y verifique su identidad.

Anexo C: Dispositivos de control DALI 2

Algunos dispositivos de control DALI 2 no utilizan bytes para indicar su estado, sino que envían comandos específicos en forma de mensajes cortos. Algunos de estos dispositivos que se pueden encontrar en el mercado son:

Sensores:

- **Sensor de Presencia/Movimiento:** Este sensor es como un ojo que detecta si hay alguien en una habitación. Cuando alguien entra, envía un mensaje al sistema que dice: "enciende las luces". Cuando la habitación queda vacía, espera un momento y luego envía otra orden para que las luces se apaguen o bajen de intensidad.
- **Sensor de Nivel de Luz (Luminosidad):** Este sensor mide la cantidad de luz natural que entra en un espacio. Su trabajo es mantener la iluminación constante. Si hay mucho sol, envía un comando para que las luces artificiales se atenúen, y si el día se nubla, les dice que se enciendan un poco más.

Botoneras (Paneles de Control):

- **Botonera Simple con Control de Brillo:** Este es un panel con botones básicos. Un botón de "pulsación corta" envía un comando para encender o apagar las luces. Si mantienes presionado el botón ("pulsación larga"), envía un comando continuo para que las luces suban o bajen de intensidad, permitiéndote regular el brillo.
- **Botonera para Escenas:** Este tipo de panel va más allá del control simple. Cada botón puede estar programado para una "escena" específica. Por ejemplo, al presionar un botón, el panel envía un comando que dice: "Activa la escena de cine", lo que hace que todas las luces se bajen y solo quede un foco encendido en un punto específico. Otro botón podría activar la "escena de presentación", encendiendo todas las luces al máximo.