



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Nombre del proyecto:**

**Sistema para Monitoreo y Control de un Animatronic Vía Wifi (Reportador)  
continuación.**

**Nombre:**

**Marco Emilio Pérez Ozuna**

**Asesor:**

**M.C. RAÚL MORENO RINCÓN**

**Período de realización:**

**Enero - junio 2019**

<b>Contenido</b>	
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 OBJETIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 PROBLEMAS A RESOLVER</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ</b> .....	<b>9</b>
<b>2.4 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.1 MISIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.2 VISIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.3 VALORES</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 MONITOREO Y CONTROL</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 ANIMATRONIC</b> .....	<b>13</b>
<b>3.4 PLC</b> .....	<b>15</b>
<b>3.5 TIA PORTAL</b> .....	<b>21</b>
<b>3.6 OPC SERVER</b> .....	<b>24</b>
<b>3.7 LABVIEW</b> .....	<b>26</b>

<b>3.8 BASE DE DATOS.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 PROCEDIMIENTO Y ACTIVIDADES REALIZADAS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3 RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>4.4 CONCLUSION.....</b>	<b>58</b>

## INDICE DE FIGURAS

[1] Organigrama del Instituto Tecnológico de México(ittg.edu.com) .....	9
[2] Animatronic esqueleto (animatronic controlado por lógica difusa, 2005) .....	12
[3] anatomía del jaguar.....	13
[4] esqueleto del jaguar.....	14
[5] estructura del plc.....	16
[6] programa básico en escalera.....	17
[7] SIMATIC Step 7.....	19
[8] versión Step 7.....	20
[9] sinamic´s v13.....	21
[10] grafico OPC 1.....	22
[11] solución de problemas.....	23
[12] simpleza en la integración de diversos aparatos.....	24

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un alto potencial para los sistemas y las aplicaciones enfocados a mejorar la operatividad de los procesos que integren sensores con técnicas de comunicación vía internet, para el monitoreo, análisis y estadísticas. Gracias a los avances tecnológicos que permite mejorar considerablemente la calidad de los procesos en máquinas compactas o aplicaciones de pequeño alcance.

En este proyecto se pretende desarrollar un prototipo basado en PLC con comunicación a un software, para la adquisición de datos vía Ethernet con referente al monitoreo de los sensores para el registro de los movimientos del animatronic.

El monitoreo del estado del animatronic puede beneficiarse del empleo de tecnología del Internet of Things (IOT). Con capacidad de conexión en red y procesamientos que permitirán que se comuniquen entre sí y con otros dispositivos a través de internet

El sistema en su conjunto contará con un eficiente sistema de adquisición de datos, que se obtendrá mediante la comunicación del PLC y una aplicación, con el animatronic que serán almacenados en una base de datos creada, que servirá para el monitoreo y control.

Actualmente existen muchas aplicaciones que están enfocadas a operar sistemas de control vía internet, para el monitoreo, análisis y estadísticas desde cualquier lugar del mundo. Gracias a los avances tecnológicos que permiten mejorar el tiempo y calidad de los procesos en máquinas o aplicaciones de largo o pequeño alcance.

Este proyecto se desarrolla un prototipo basado en PLC con comunicación a un software, para la adquisición de datos vía Ethernet, con referente al monitoreo de los sensores para el registro de los movimientos del animatronic.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Conocemos que en la actualidad existen siempre necesidades o problemas que surgen y que se pueden solucionar planteando diversas ideas de solución, en este caso se establece una solución para el monitoreo del animatronic. Que tendrá como objetivo el monitoreo de los resultados obtenidos.

El sistema de adquisición de datos está pensado para que se observe desde una página web, para monitorear los resultados obtenidos de los sensores a la hora que el animatronic realice una acción concreta y registrar los datos obtenidos durante su funcionamiento.

Se encargará de analizar la eficiencia y fiabilidad de la obtención de los datos, en la realización de su funcionamiento del sistema encargándose en mejorar en su funcionamiento con los análisis de los registros obtenidos.

## **1.3 OBJETIVO**

Implementar el control de los sensores mediante una aplicación, para recabar información sobre el funcionamiento del animatronic.

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una aplicación para controlar las entradas del PLC via WI-FI, mostrando los datos obtenidos de los sensores en una página web, monitoreando los registros obtenidos durante el funcionamiento del animatronic.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Establecer la comunicación del PLC y una página web mediante el puerto ETHERNET.
- monitoreo de sensores y electro válvulas en una interfaz gráfica de LabVIEW
- crear una base de datos en internet
- Analizar el funcionamiento de los sensores
- Evaluar el desempeño del animatronic con los datos recopilados.

## **1.4 PROBLEMAS A RESOLVER**

Controlar el PLC desde el software TIA PORTAL para monitorear en una interface virtual de labview y así recopilarlos en una base de datos en internet

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

Los alcances con los que cuenta el proyecto son en el mejorar el uso y la adaptabilidad que se le dé al animatronic, debido a que se podrá recolectar información de los sensores, al realizar una acción durante el funcionamiento del mismo recopilando la información en un sitio web.

El proyecto cuenta con ciertas limitaciones principalmente con la transmisión y recepción de internet, ya que esta puede ser afectada por factores muchas veces fuera de nuestro control, como las interferencias en las redes de internet.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ**

En el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez; se pretende formar profesionales competentes en Ingeniería Electrónica con capacidad creativa, emprendedora, de análisis, liderazgo y capacidad de trabajo en equipo, que realicen actividades de diseño, innovación, adaptación y transferencia de tecnologías para resolver problemas del área de su competencia en forma competitiva atendiendo las necesidades del entorno globalizado, con una conciencia ética y social, asumiendo un compromiso con el desarrollo tecnológico y sustentable.

## **2.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

Nuestro Estado de Chiapas, fiel a sus deseos de progreso, más aún en la rama educativa media y superior, avalando con su potencial económica-social, logra sus más caros anhelos al contar ya con un Instituto Tecnológico para beneficio de la juventud estudiosa y acrecentar así la tecnología en todos sus aspectos. Es así como surge en 1972, el Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez por mandato del entonces Presidente de la Republica, Lic. Luis Echeverría Álvarez y colaboración ilimitada del Dr. Manuel Velasco Suárez, Gobernador del Estado, era el señor Ing. Víctor bravo Ahuja, secretario de Educación pública.

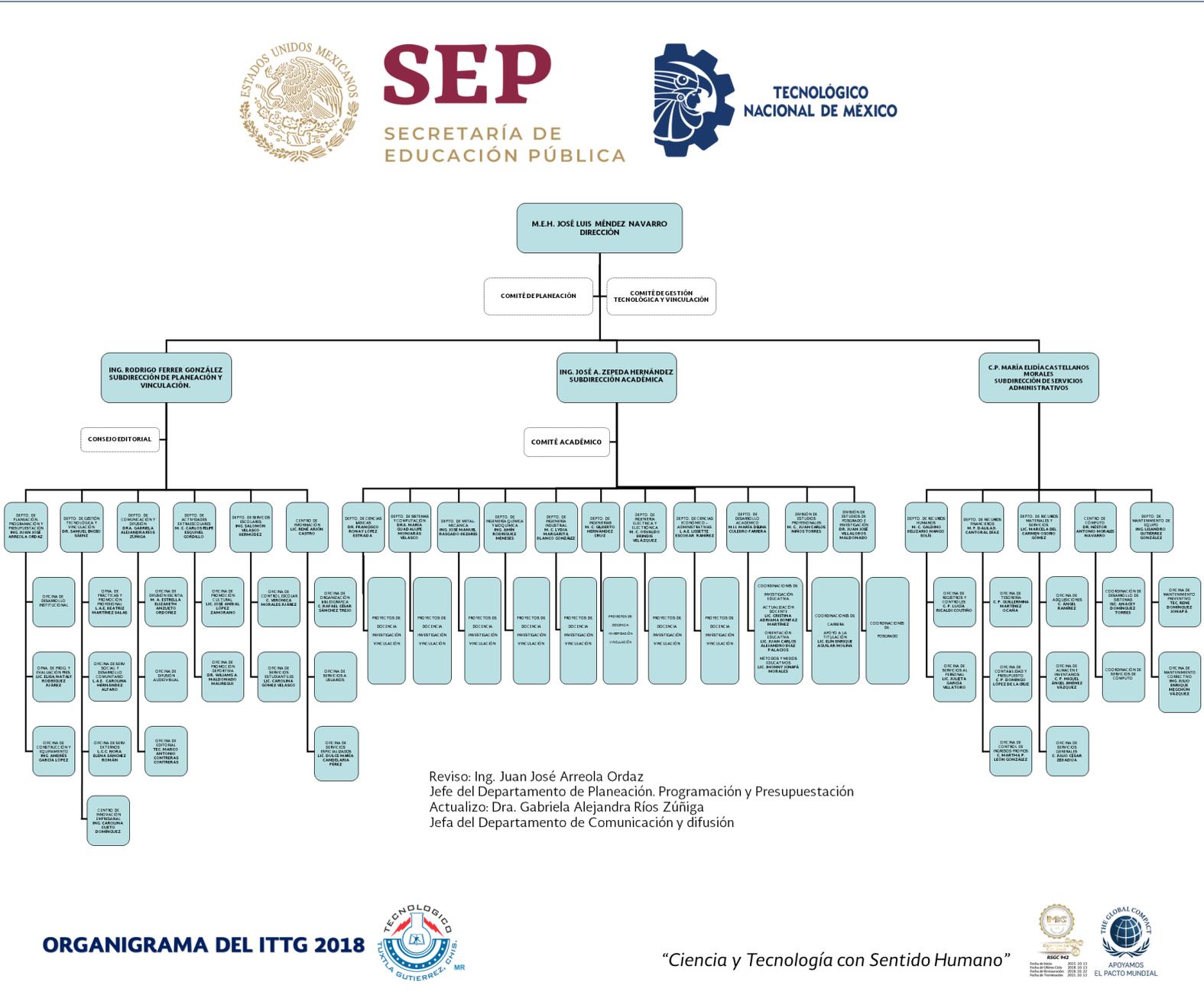
## 2.3 ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MEXICO



ORGANIGRAMA DEL ITTG 2018



"Ciencia y Tecnología con Sentido Humano"



FIG. 2.1 ORGANIGRAMA DEL ITTG

## **2.4 MISION, VISION Y VALORES**

### **MISIÓN**

Formar de manera integral profesional de excelencia en el campo de la ciencia y la Tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

### **VISIÓN**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

### **VALORES**

El Ser Humano El Espíritu de Servicio El Liderazgo El Trabajo en Equipo La Calidad El Alto Desempeño Respeto al Medio Ambiente

## **2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO**

El proyecto de sistema para monitoreo y control de un animatronic vía wifi, se realizó en el área de ingeniería electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, el cual cuenta con laboratorios que tiene equipos electrónicos a disposición del alumnado, tales como: osciloscopios, fuentes conmutadas y simétricas, variadores de frecuencias, procesadores lógicos programables, área de computo, área de proyecciones, entre otros. Además, cuenta con una caseta equipada con herramientas útiles para el desarrollo de proyectos, tales como: multímetros, cautines, fuentes variables, pinzas, destornilladores, entre otros. También se cuenta con el apoyo de catedráticos dispuestos a apoyar en lo que se requiera.

## CAPÍTULO III

### 3.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la industria textil del siglo XVIII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Luego, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos. Además de esto, durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos.

La palabra robot se utilizó por primera vez en 1920 en una obra llamada "Los Robots Universales de Rossum", escrita por el dramaturgo checo Karel Capek. Su trama trataba sobre un hombre que fabricó un robot y luego esta última mata al hombre. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajado forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

Luego, Isaac Asimov comenzó en 1939 a contribuir con varias relaciones referidas a robots y a él se le atribuye el acuñamiento del término Robótica y con él surgen las denominadas "Tres Leyes de Robótica" que son las siguientes:

Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.

Un robot debe de obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.

Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

### 3.2 MONITOREO Y CONTROL

El Monitoreo y Control permite conocer en qué estado está el Proyecto, identificar problemas y poder tomar medidas preventivas, o correctivas, lo cual puede conllevar la modificación del Plan inicial. También nos sirve para identificar nuevos riesgos para el Proyecto y analizar, revisar y monitorear los riesgos que ya teníamos identificados. Nos aseguramos que se identifiquen todos los riesgos que pueden afectar a nuestro Proyecto y se implementen los planes apropiados de respuesta a esos riesgos.

### 3.3 ANIMATRÓNICA

La animatrónica es la técnica que, mediante el uso de mecanismos robóticos o electrónicos, simula el aspecto y comportamiento de los seres vivos empleando marionetas u otros muñecos mecánicos. Se caracterizan por tener un aspecto físico antropomórfico. Son creados para ser programados y controlados remotamente, reproducir sonido y recrear movimientos ya sean sencillos o de gran complejidad. La sofisticación de estos robots depende del uso o servicio que vayan a cumplir, ya que, por ejemplo, se puede recrear únicamente el lomo de un oso o crear todo el animal completo.

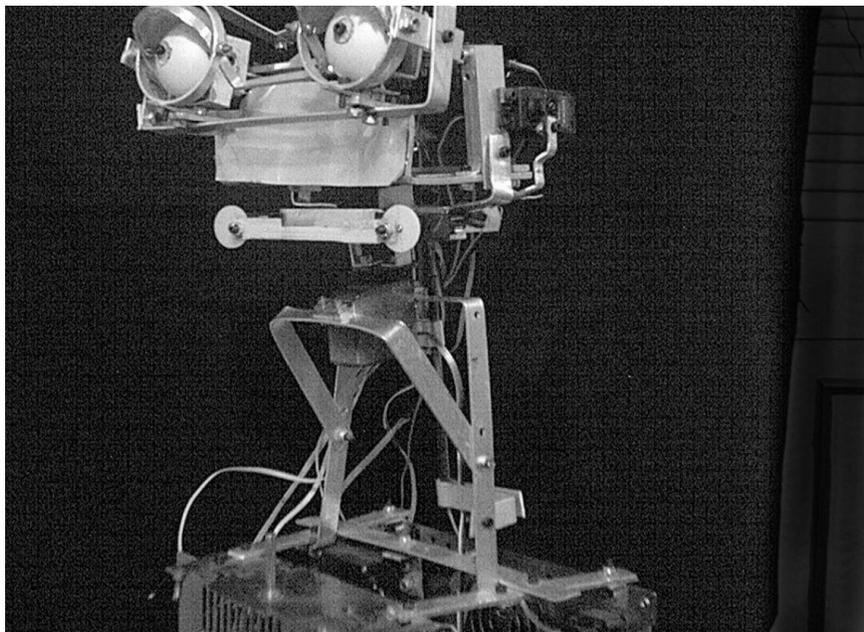


Fig 3.1 Animatronic esqueleto

En la Edad Media destacaron dos personajes, Alberto Magno y Al-Jazari con la creación de un autómatas de hierro que cumplía la función de un mayordomo y un reloj mecánico. En el Renacimiento el inventor más conocido fue Leonardo Da Vinci, quién creó la máquina voladora. Y años más tarde, entre 1620 al 1780, autores como Blaise Pascal – quién inventó la primera calculadora-, René Descartes y Jacques de Vaucanson entre muchos otros, fueron emprendedores de la evolución tecnológica que se vivía en el siglo XXI.

La robótica es una disciplina llevada a cabo por ingenieros, mecánicos, eléctricos, plásticos, artistas, etc., con la finalidad de crear una marioneta electrónica capaz de reproducir una acción.

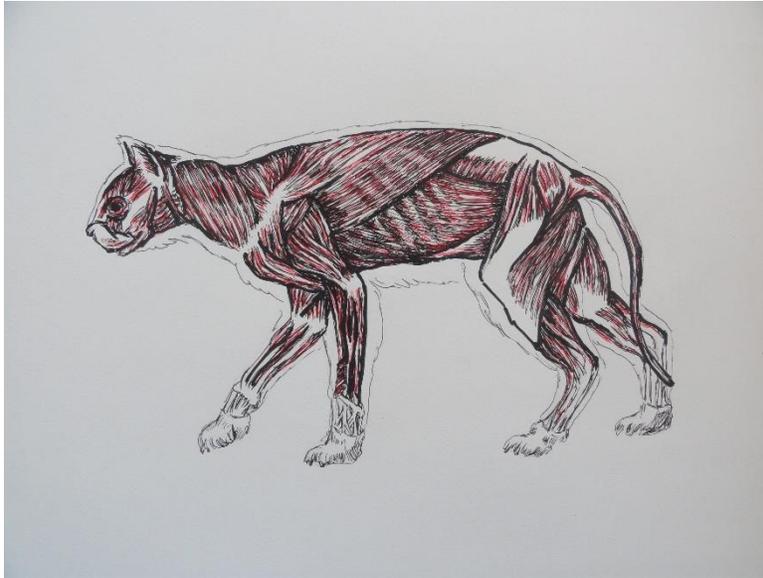
Dentro de este término se han creado otras subcategorías como la robótica industrial, de servicio, humanoide, cibernética, inteligencia artificial y los efectos especiales. Estos forman parte de la industria cinematográfica, usando como uno de sus recursos principales la animatrónica.

Este recurso existía previamente a los efectos especiales y visuales, como, por ejemplo, en la película Tiburón o el pequeño extraterrestre E.T. Generalmente estas marionetas electrónicas recrean animales, seres fantásticos, robots, humanos, etc., para el cine, pero en los inicios de su creación fueron usados para otras funciones.

## **ANATOMÍA DEL JAGUAR**

El jaguar es el felino más grande de las Américas y el tercer más grande del mundo, por detrás del tigre y del león. Mantiene cierta semejanza física con el leopardo (*Panthera pardus*) pero es una especie única, con marcadas características. ¿Quieres conocerlo?

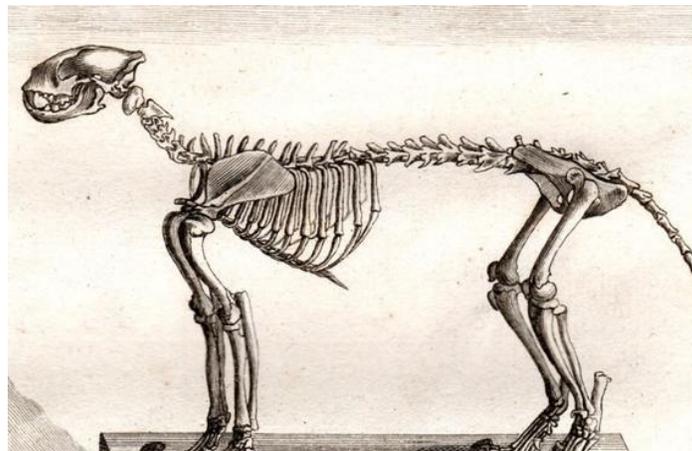
Lo primero que debes de saber es que el carnívoro más grande de América mide de 1.2 a 1.95 metros de longitud hasta la base de la cola, es decir, casi 2 metros de largo. Eso es seguramente mayor que tu propia estatura. Sin embargo, su cola es



**Fig 3.2 anatomía del jaguar**

relativamente corta: entre 45 y 75 centímetros de longitud. Su altura hasta los hombros es de 63-76 centímetros. Existe dimorfismo sexual, es decir, diferencias físicas entre los sexos, puesto que la hembra es un 10-20 por ciento más pequeña que el macho.

El pelaje del jaguar es quizá lo más llamativo de todo su cuerpo. Es dueño de un corto pelaje que va de marrón dorado a amarillo pálido o rojizo. Este fondo claro contrasta con las rosetas oscuras, manchas redondas cuyo centro es de un amarillo o marrón



**Fig 3.3 esqueleto del jaguar**

más intenso y presenta puntos oscuros más pequeños. Las rosetas difieren de las del leopardo, ya que éste las posee sin puntos pequeños. El cuello, la región ventral y las zonas internas de las extremidades son blanquecinos mientras que la cola se torna blanca hacia el final y negra en la punta.

Algunos jaguares nacen con un pelaje oscuro o completamente negro. Se debe a una mayor producción del pigmento melanina y no a una subespecie diferente. Aún más raros son los jaguares blancos, conocidos como panteras blancas. Ahora bien, es momento de reconocer la forma de su cuerpo: Joven jaguar de color negro, generalmente conocido como pantera negra.

### Cabeza

Es grande, robusta y más redondeada que la del leopardo. Posee poderosas mandíbulas cuadradas y mejillas sobresalientes; su mordida es la más fuerte de todos los felinos y le permite romper con sorprendentes facilidades los caparazones de las tortugas y traspasar la cubierta protectora de los armadillos.

Los ojos son redondos, con pupilas en forma de círculos pequeños y el iris rojo o rojo amarillento. Dado que los ojos están posicionados al frente del rostro posee una visión binocular útil para seguir la pista de sus presas. Su vista es unas 6 veces más aguda que la de un ser humano.

Dentro de la boca emergen dos caninos superiores largos y sumamente afilados cuya especialidad es la perforación del hueso y de materiales muy duros. Sus premolares son también muy afilados para cortar la carne.

### Torso

Gracias a su constitución corta, compacta y musculosa, puede escalar y nadar con mucha facilidad. En general, su cuerpo está construido para hacer uso de la fuerza y poder en vez de la velocidad.

El tamaño del cuerpo de los jaguares puede variar en función de su hábitat y la región geográfica donde se encuentra. Por ejemplo, los individuos del Pantanal de Brasil suelen ser más grandes

que los de otras partes del mundo, y aquellos que prosperan en bosques de vegetación muy densa son más pequeños que quienes viven en hábitats un poco más abiertos. En adición, el tamaño de la presa típica también incide en el tamaño del cuerpo de los jaguares.

#### Extremidades

Tanto las piernas como la cola son cortas en comparación con las de otras especies de felinos. Esto no impide que los músculos le provean fuerza al correr o saltar mientras que las patas largas confieren estabilidad. Sus patas traseras son las más cortas de todos los felinos del género Panthera.

Sus garras retráctiles, su cuerpo corto y sus hombros fuertes le permiten derribar presas tan grandes como tapires.

### 3.4 PLC CPU S7-1200

La CPU S7-1200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC (v. fig. 1-1). Tras haber cargado el programa en el S7-1200, éste contendrá la lógica necesaria para supervisar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: DC 20,4 - 28,8 V DC, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 100KB

Fig 3.4 estructura del plc

Tab 3.1 TABLA DE FUNCIONES DEL CPU 1214C

FUNCION	CPU 1214C
Dimensiones físicas(mm)	110 x 100 x 75
Memoria del usuario <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de trabajo</li> <li>• Memoria de carga</li> <li>• Memoria remanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 KB</li> <li>• 2 MB</li> <li>• 2 KB</li> </ul>
E/S integradas locales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitales</li> <li>• Analógicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 Entradas/10 Salidas</li> <li>• 2 Salidas</li> </ul>
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)
Área de marcas (M)	8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	8
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)
Salidas de impulsos	<b>2</b>
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet

## PROGRAMACIÓN EN ESCALERA

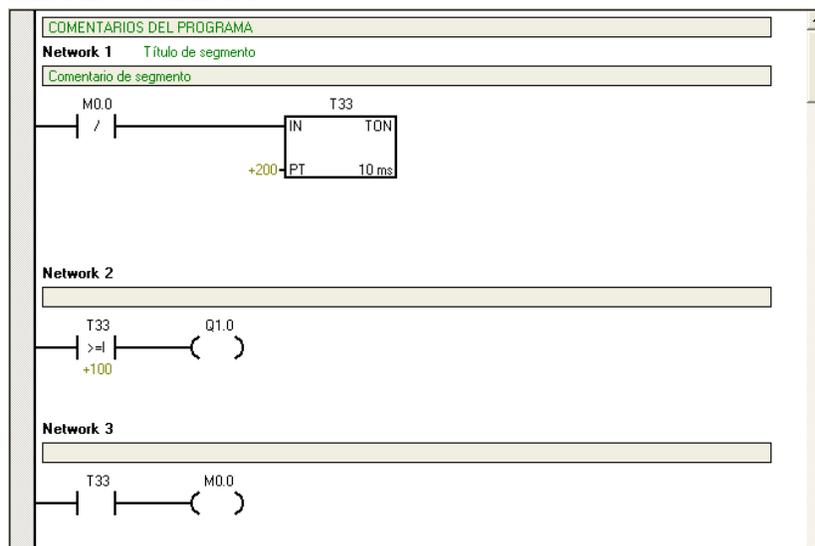


Fig 3.5 Programa básico en diagrama de escalera

El lenguaje Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de

lenguaje. Ladder es uno de los varios lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLCs) estandarizados con IEC 61131-3.

Este lenguaje permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso, con ayuda de símbolos de contactos normalmente cerrados (N.C.) y normalmente abiertos (N.A.), relés, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc. Cada uno de estos símbolos representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso.

En el diagrama de escalera, la fuente de energía se representa por dos “rieles” verticales, y las conexiones horizontales que unen a los dos rieles, representan los circuitos de control. El riel o barra del lado izquierdo representa a un conductor con voltaje positivo y el riel o barra de lado derecho representa tierra o masa. El programa se ejecuta de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Los elementos importantes en un programa PLC al igual que un alambrado lógico con elementos eléctricos como relevadores son:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Bobinas.
- Temporizadores (Timers).
- Contadores.

Un contacto es un elemento eléctrico el cual su principal y única función es abrir y cerrar un circuito eléctrico ya sea para impedir el paso de la corriente o permitir el paso de la misma. Un contacto es un elemento de entrada. Así lo lee el PLC. Las entradas se representan por

medio de la letra I. Cuando un contacto se activa y éste se cierra (contacto normalmente abierto) este pasa de un estado lógico 0 a un estado lógico de 1.

Cuando un contacto se activa y este se abre (contacto normalmente cerrado) este pasa de un estado lógico 1 a un estado lógico 0.

Las bobinas no son más que un arrollamiento de alambres los cuales al aplicarles un voltaje estas crearán un fuerte campo magnético. Por lo tanto, las bobinas que actúan en los programas de PLC representan los electroimanes de los relevadores eléctricos. Las bobinas se consideran como elementos internos del PLC, pero estas también representan salidas.

Cuando se representan internamente actúan como electroimanes donde su principal letra característica son: la M y la V. Cuando representan una salida estos se representan especialmente con la letra Q. (las salidas más comunes representan a motores eléctricos, solenoides, cilindros eléctricos entre otras salidas).

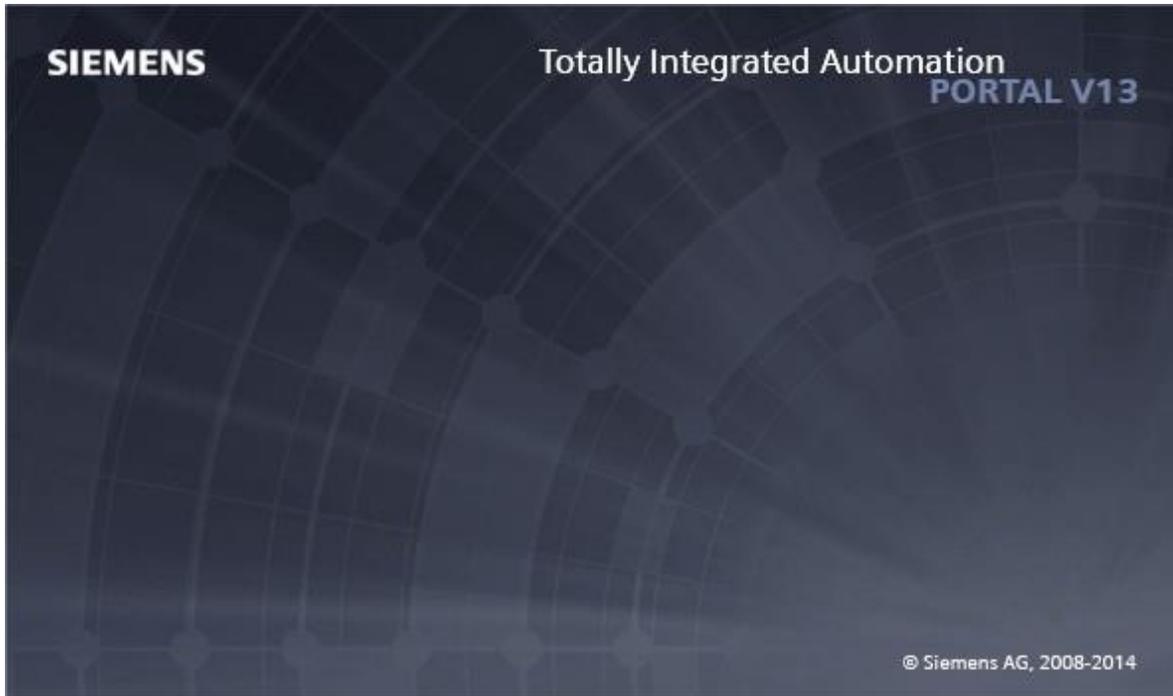
El temporizador es un elemento que permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación. El esquema básico de un temporizador varía de un autómeta a otro, pero siempre podemos encontrar una serie de señales fundamentales, aunque, eso sí, con nomenclaturas totalmente distintas.

El contador es un elemento capaz de llevar el cómputo de las activaciones de sus entradas, por lo que resulta adecuado para memorizar sucesos que no tengan que ver con el tiempo pero que se necesiten realizar un determinado número de veces.

### **3.5 TIA Portal**

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Convince por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.



**Fig 3.6 SIMATIC STEP 7**

STEP 7 se ofrece en dos versiones:

- STEP 7 Basic: Ingeniería compartida por los controladores SIMATIC S7-1200 y los paneles de la Gama HMI Basic Panels.
- STEP 7 Professional: Ingeniería para configurar y programar los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, S7-1500 y WinAC.

Compatibles con Windows 7, Windows 8.1 y Windows 10.

Ambas versiones integran el Software WinCC Basic requerida para la programación de las pantallas básicas KTPs.

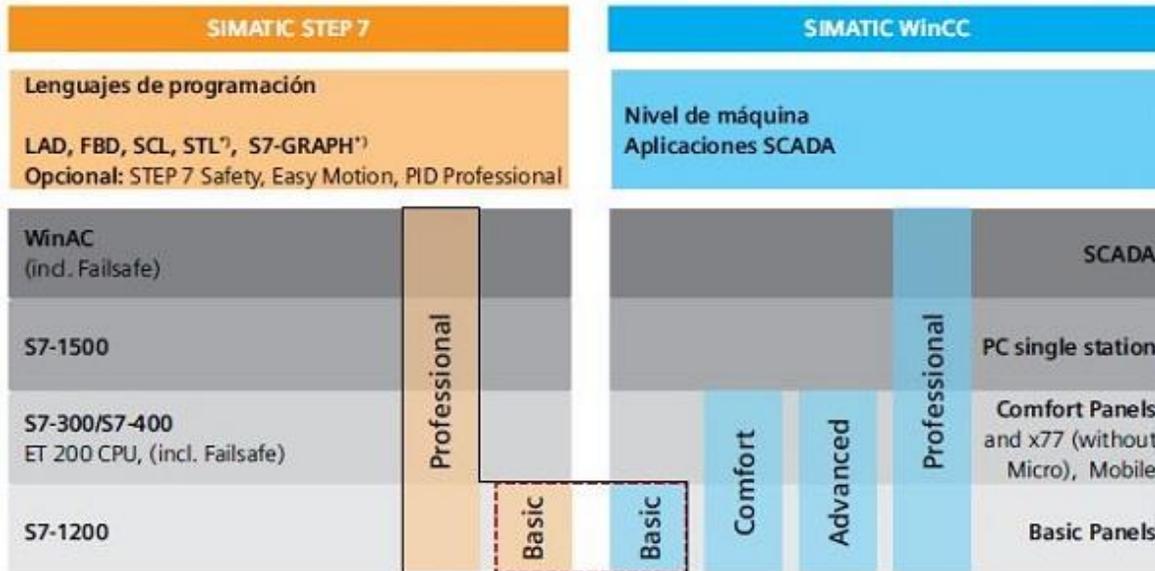


Fig 3.7 Version step 7

### Ventajas de la V13

- Team Engineering. Varias personas pueden trabajar simultáneamente sobre una misma tarea.
- Búsqueda automática de actualización de software.
- Consistente desarrollo de lenguajes de programación (LAD, FBD, STL, SCL y Graph).
- Carga de la configuración hardware y el programa de usuario incluyendo valores para servicios.
- PLCSim para S7-300 / S7-400 y ahora S7-1500.

### SINAMICS Stardrive V13 Una herramienta de ingeniería para accionamiento y controladores

Con SINAMICS Stardrive los accionamientos de SINAMICS G120 se integran de forma impecable en las soluciones de automatización de SIMATIC. Así son fáciles de parametrizar, de poner en marcha y de diagnosticar. Esto supone un ahorro de tiempo, reduce los errores en la ingeniería y el esfuerzo en la capacitación.

### Caracterizado por:

- Interacción perfecta entre PLC y accionamientos.
- Familiarización rápida gracias a un alto grado de facilidad de uso.

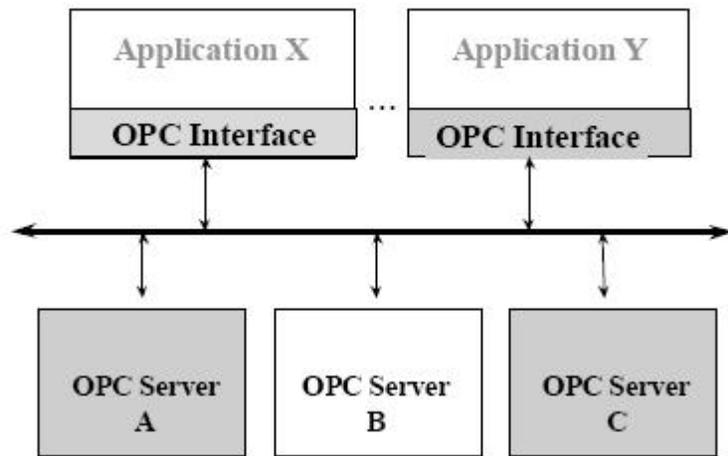
- Ingeniería de alta eficiencia por medio de una sola herramienta para la puesta en marcha de los accionamientos.



Fig 3.8 SINAMICS V13

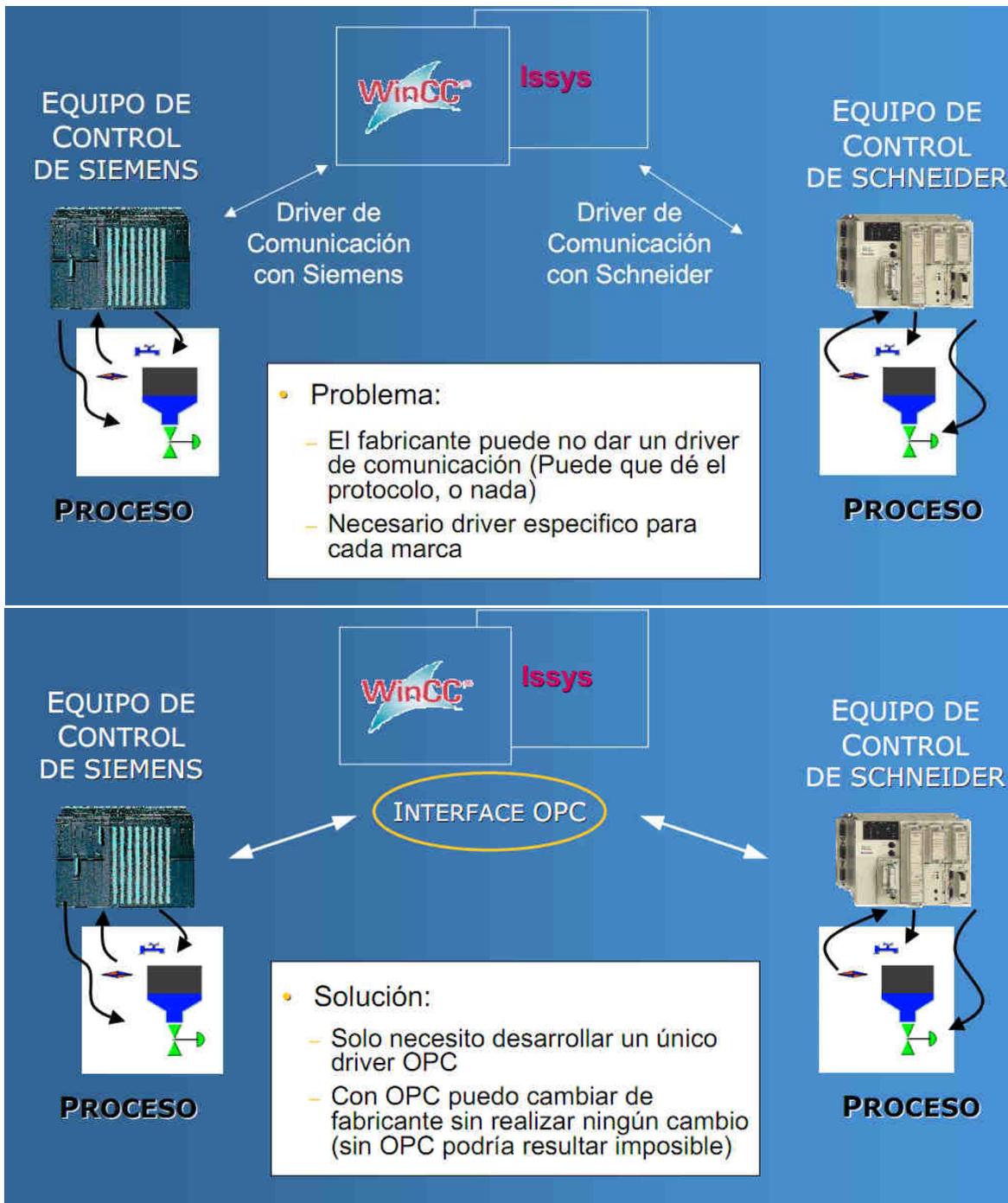
### 3.6 OPC Server:

El OPC (OLE for Process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece una interface común para comunicación que permite que componentes software individuales interaccionen y compartan datos. La comunicación OPC se realiza a través de una arquitectura Cliente-servidor. El servidor OPC es la fuente de datos (como un dispositivo hardware a nivel de planta) y cualquier aplicación basada en OPC puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que ofrezca el servidor. Es una solución abierta y flexible al clásico problema de los drivers propietarios. Prácticamente todos los mayores fabricantes de sistemas de control, instrumentación y de procesos han incluido OPC en sus productos.



**Fig 3.9 Gráfico OPC 1**

Pero, ¿Por qué es necesario OPC? Para solucionar la posible problemática de la comunicación entre el driver y la aplicación debida a incompatibilidades existentes, la duplicación del esfuerzo, las inconsistencias entre fabricantes o los conflictos de acceso. Gracias a OPC se encuentra una solución al problema mediante la implantación de un estándar de comunicación. Con ello se logra una considerable disminución en la inversión en drivers sumado a una menor dependencia del hardware, consiguiendo una integración entre distintos fabricantes. A continuación, se pueden ver varios ejemplos para esclarecer lo anteriormente explicado.



**Fig 3.10 Solución de problemas**

Con OPC, la integración de sistemas en un entorno heterogéneo se convierte en algo simple. No será mayor problema disponer de un amplio abanico de productos trabajando simultáneamente para la transferencia y el almacenaje de datos entre todos.

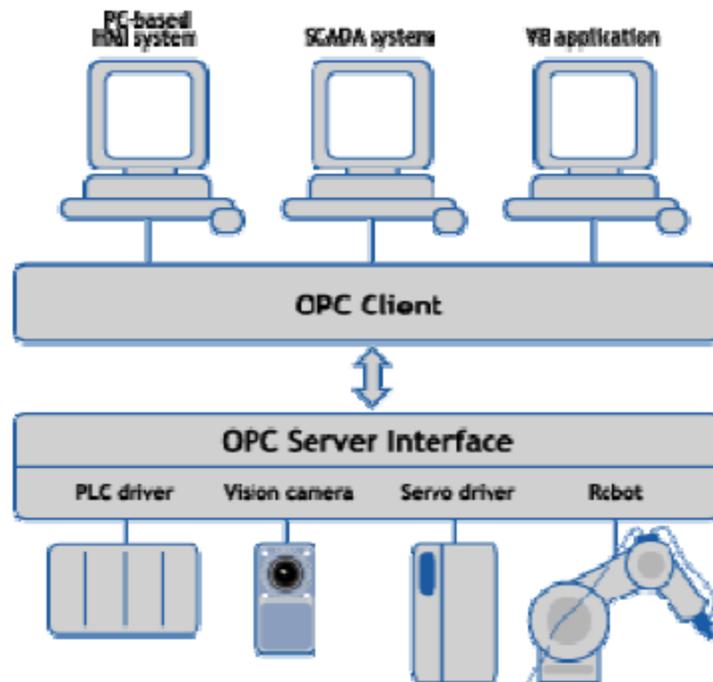


Fig 3.11 Simplicidad en la integración de diversos aparatos

### 3.7 LabVIEW

El término LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un entorno de desarrollo basado en programación gráfica. Su programación se apoya en el uso de símbolos gráficos para describir acciones de programación, en lugar de lenguaje textual, como se estructuran la mayoría de “software” de programación. Está totalmente integrado para la comunicación con hardware GPIB, VXI, RS-232, RS-485 y tarjetas de adquisición de datos. Además, incorpora librerías para estándares de software como TCP/IP y ActiveX.

Por ello, los sistemas de automatización consisten en instrumentos para tareas específicas. La mayoría de estos obligan al diseñador para desarrollar el sistema desde cero, la ventaja de instrumentos basados en ordenador es que se puede diseñar sistemas de automatización a bajo costo económico. La programación grafica con LabVIEW permite un método fácil para implementar aplicaciones complejas de automatización. (National Instruments, s,f) A su vez, el paquete de “software” tiene diversos costos económicos (National Instruments, 2014) según las necesidades que se tengan como desarrollador, entre las que se consideran:

- Personalizar interfaz de usuario.
- Integración de Hardware E/S.
- Programa de servicio estándar (SSP)
- Compatibilidad con complementos.
- Procesamiento matemático.
- Ejecutables y distribución.
- Ambiente de programación.
- Escritura y lectura de datos en archivos.
- Integración de código y software.
- Control y procesamiento de señales.

A su vez, para el manejo informático de todos los datos y comunicación con los diversos dispositivos conectados al sistema, LabVIEW es el gestor de manejo del sistema de monitorización.

Entonces, en virtud de las razones anteriormente apuntadas se muestra que es necesario realizar las operaciones necesarias para aprovechar los recursos suministrados y, además, dotar a los supervisores de una herramienta en crecimiento, dentro de un solo paquete. Es decir, la aplicación, previamente desarrollada, va a continuar creciendo hasta que posea la capacidad de visualizar, en tiempo real, sobre una sola aplicación el OEE de toda la zona de producción dentro del área de ID & Moldeo.

### **Ventajas y desventajas de programar en LabVIEW**

Como todo sistema LabVIEW posee ventajas y desventajas a la hora de su utilización. Dentro de las principales ventajas se destacan:

- Posee gran cantidad de VI (Virtual Instruments) para funciones repetitivas y que conllevan la misma implementación. Esto permite facilidad y accesibilidad para controlar sistemas de complejidad media/alta.
- Muchos desarrolladores están utilizando la plataforma con ello se facilita el soporte.
- National Instruments facilita cursos para un manejo eficaz de la gran cantidad de funciones y utilidades que el “software” ofrece al desarrollador.

- Fácil de utilizar y sumamente potente para cualquier aplicación de complejidad media/alta.
- Sus desventajas:
- Gran cantidad de “bucles” y “VI’s” interactuando entre sí, complican el entendimiento de su funcionamiento y su depuración se vuelve complicada.

### **3.8 BASES DE DATOS**

Una base de datos es un conjunto estructurado que contiene información relevante para una empresa, aplicación, servicio, entre otros recursos que almacenen información.

#### **Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD)**

Los SGBD consisten en una colección de datos interrelacionados y los programas para acceder a dicha información. Su principal función es la de almacenar y obtener la información almacenada en la base de datos, de manera eficiente y confiable. (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002).

Algunos ejemplos de SGBD son: Oracle, MySQL, MS SQL Server, MS Access, entre otros. La ventaja del SGBD es que múltiples usuarios pueden ingresar a la base de datos, y les da la posibilidad de insertar, actualizar y borrar información; sin generar conflictos posteriores.

#### **MS SQL Server**

Por su parte, el SQL Server de Microsoft es un sistema gestor de bases de datos relacionales que se usa desde portátiles, computadores de escritorio y hasta servidores corporativos. (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002)

A su vez, Microsoft® SQL Server® es un sistema de administración de datos: gratuito, eficaz y confiable; el cual ofrece un almacén de datos completo y confiable. Diseñada para una implementación sencilla y una creación de prototipos rápida. (Microsoft, 2014)

## **Ethernet**

Ethernet se refiere a la tecnología de red de área local (LAN) para la transmisión de datos entre dispositivos; es decir, la red permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos conectados a ella.

De igual manera, el IEEE 802.3 es el estándar desarrollado por el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) para esta tecnología (Hollenbeck, 2001). Este protocolo de comunicación sienta las bases y reglas para poder realizar un envío y recepción de datos, de manera rápida, segura y confiable, a través de la red. Además, establece lineamientos, a nivel mundial, para que todos los involucrados en el tema utilicen el sistema.

## **Dirección IP**

Sistema utilizado para la identificación de cada dispositivo dentro de la red. Cada “host” o dispositivo conectado a la red tendrá su propia dirección IP, la cual es única dentro de esa red específica.

La dirección IP consta de 32-bits que se dividen en dos componentes; el lado izquierdo de la dirección son los bits de la red y el lado derecho son los bits del “host”. Las direcciones IP se clasifican en:

- Pública: visibles en todo el internet. Para obtener acceso y comunicarse, globalmente, a través del internet es necesario una dirección pública.
- Privada: redes internas donde solo son visibles los “host” dentro de ella.

## CAPITULO IV

### 4.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tab 4.1 Cronograma de actividades**

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Búsqueda bibliográfica	X	X	X	X	X											
Configuración de programas		X	X	X	X											
Programación				X	X	X	X	X								
Automatización del animatronic							X	X	X	X						
Diseño e implementación de la comunicación								X	X	X	X	X	X			
Pruebas del sistema de monitoreo												X	X	X	X	X

### 4.2 PROCEDIMIENTO Y ACTIVIDADES REALIZADAS

#### INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

se realizó una búsqueda de todos los programas a utilizar y se realizó una investigación en especial a base de datos

#### AUTOMATIZACIÓN DEL ANIMATRONIC

El animatronic del jaguar cuenta con cuatro posiciones básicas: levantado, acostado, sentado y agazapado. Para cada posición se requiere la acción de dos pistones colocados en la parte delantera y trasera del animatronic, lo cual nos da hasta cuatro combinaciones posibles entre los dos (de ahí las cuatro posiciones básicas).

## Sistema de control manual y automático por interruptores

El objetivo de este juego de interruptores es enviar señales de control hacia el PLC, que posteriormente las procesara y accionara los pistones correspondientes para efectuar el movimiento programado.

La programación consta de dos modalidades: el modo manual y el modo automático.

En el modo manual a cada interruptor se le asignó una salida del PLC que posteriormente esta accionaria una electroválvula y por lo consiguiente el pistón asignado. Como se muestra en la siguiente tabla.

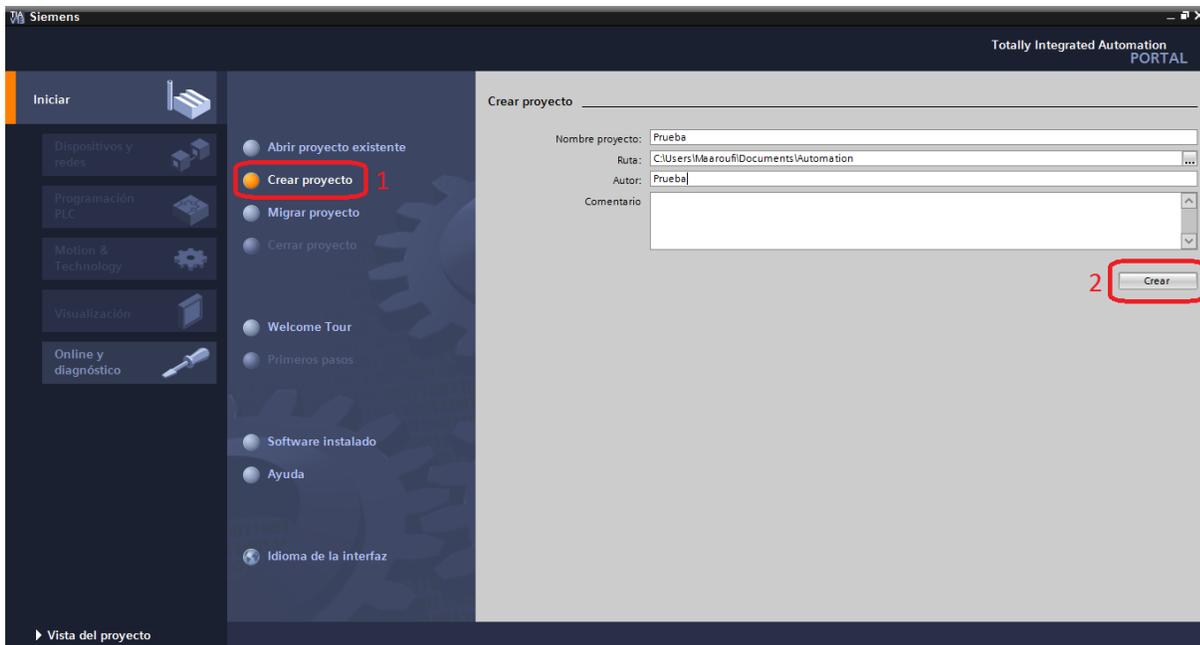
**Tabla 4.2 funciones y salidas del plc**

Interruptor	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Salida del PLC	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7
Pistón	A1	A2	B1	B2	C	D	E1	E2

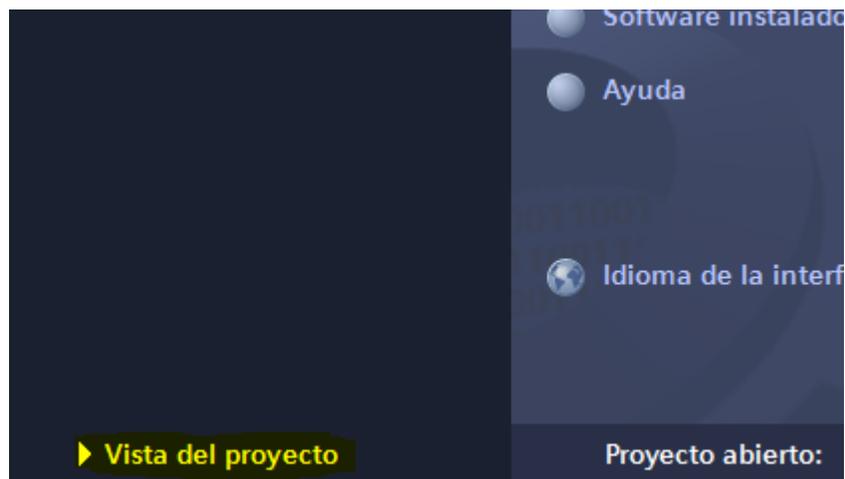
La función de este modo es sencilla, por cada interruptor accionado se activará el pistón asignado a este. Entonces si combinamos la activación de varios interruptores podemos realizar movimientos coordinados

## **CONFIGURACION TIA PORTAL**

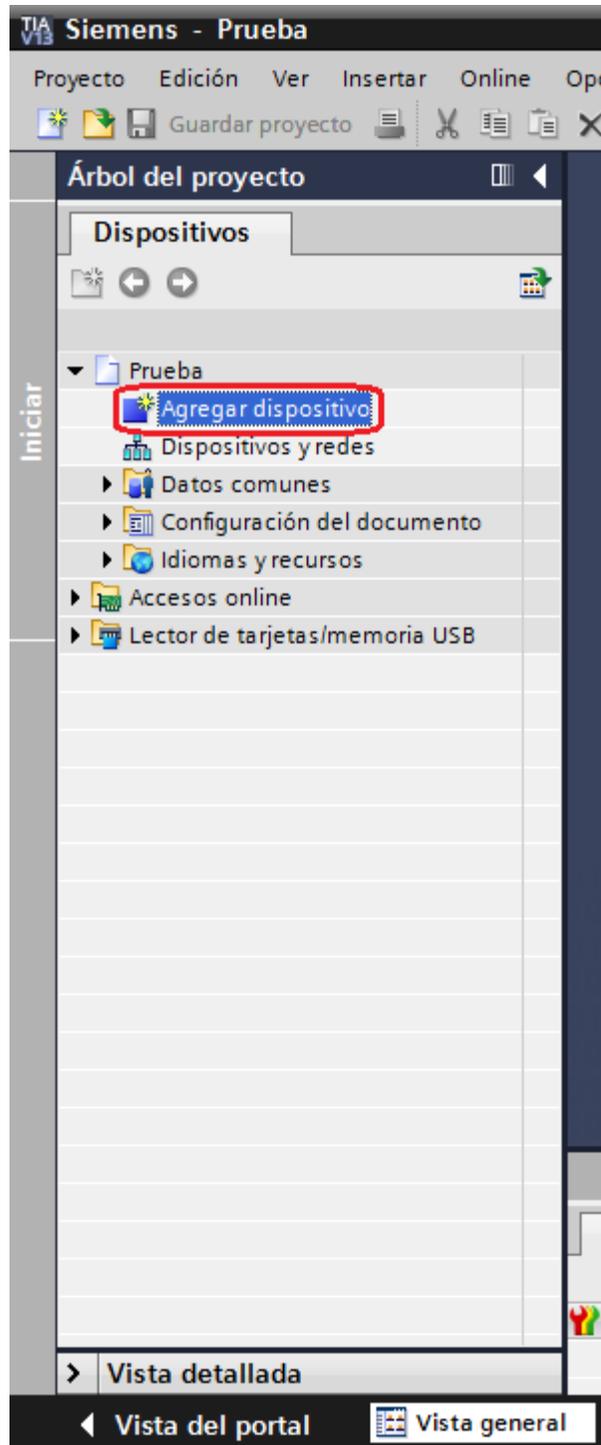
Abrimos el programa y nos saldrá una pantalla con varias opciones, para crear un proyecto nuevo le damos clic a Crear proyecto, allí nos va a pedir el nombre del proyecto, la ruta donde queremos guardar y el autor. Una vez rellenado esto le damos en Crear:



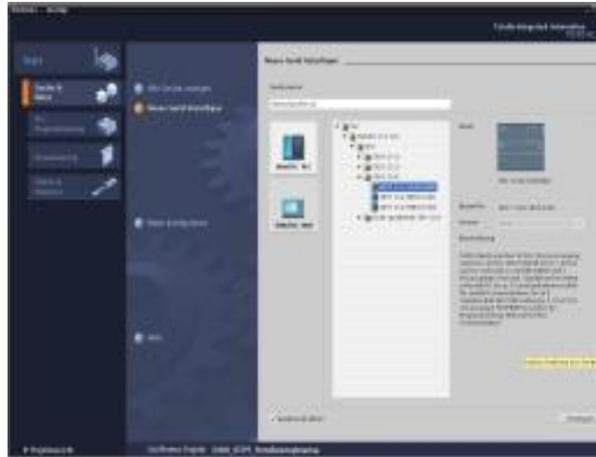
Una vez creado el proyecto, le dan clic en **Vista del proyecto** (En la esquina inferior izquierda):



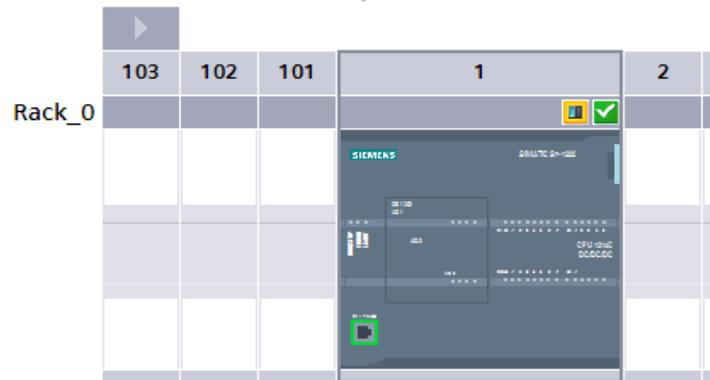
Ahora hace falta agregar un dispositivo, en nuestro caso un S7-200. Para añadir un dispositivo, le dan clic en Agregar dispositivo, nos va a abrir una ventana donde nos da 3 opciones, elegimos la primera, Controladores, (Las otras opciones son HMI, que son pantallas táctiles y Sistemas PC, que son ordenadores).



Nosotros queremos una CPU S7-200, desplegamos la pestaña SIMATIC S7-200 después CPU y elegimos la CPU que queremos, en mi caso una CPU 1214C desplegamos y seleccionamos la referencia.



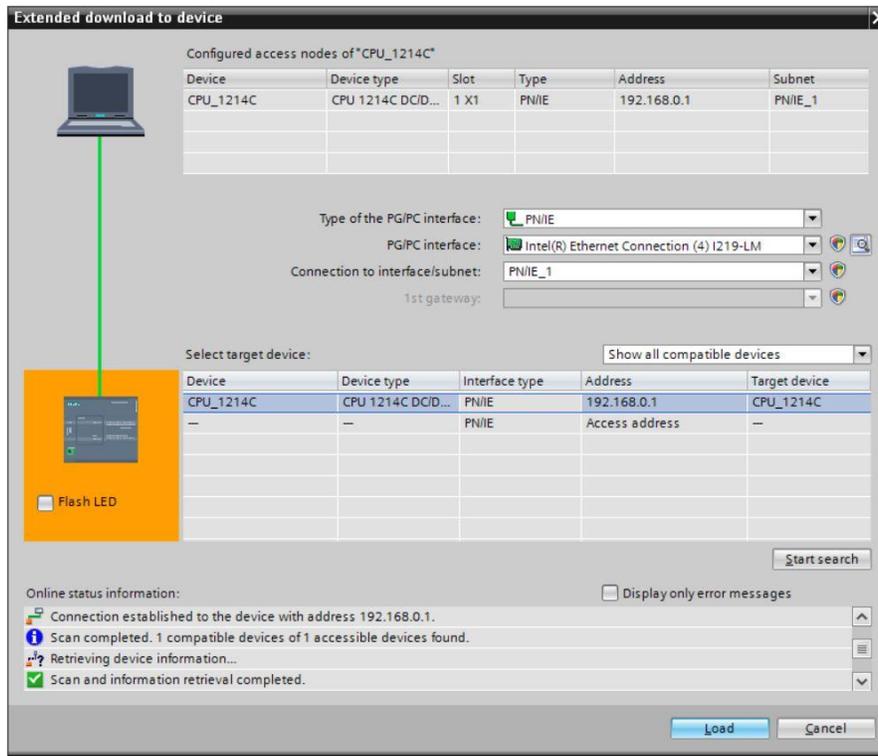
CPU\_1214C



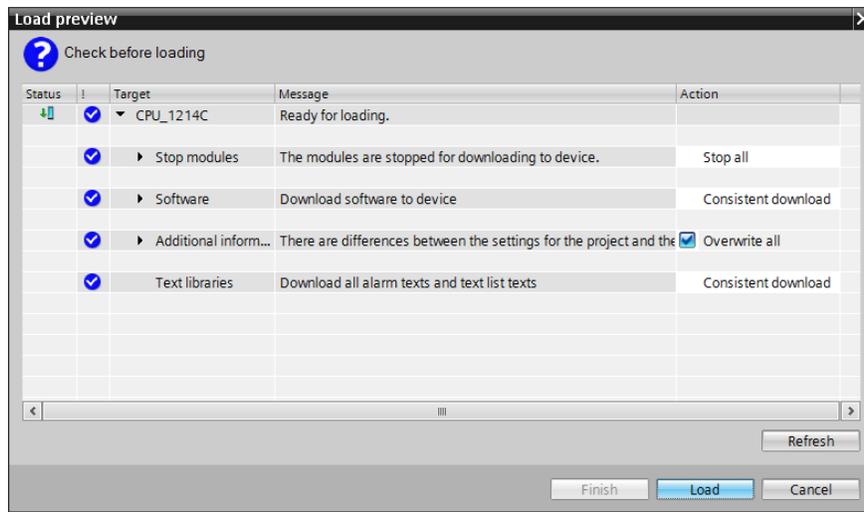
## Interfaz online

Solo puede realizarse un diagnóstico online si antes se ha ajustado la conexión de comunicación correcta con la CPU. En este caso nos conectaremos a través de Ethernet/PROFINET.

En consecuencia, al establecer una conexión online debe ajustar las interfaces adecuadas para su sistema de automatización.

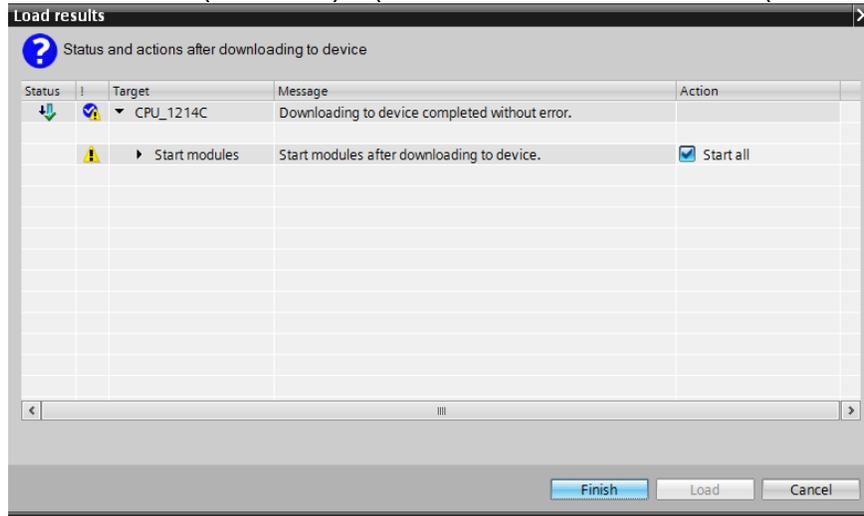


Si es necesario, antes de la carga deberán ajustarse otras acciones (marca rosa). A continuación, vuelva a hacer clic en "Load (Cargar)". (→ Load (Cargar))

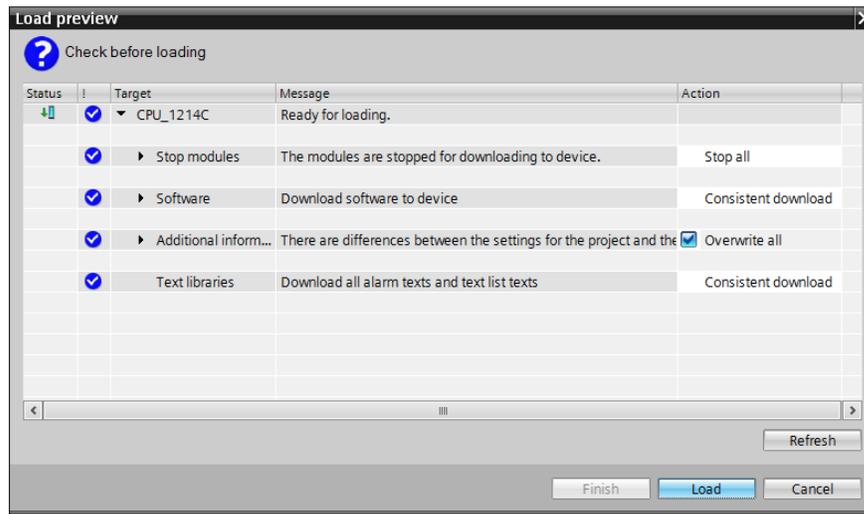


Tras la carga, marque en primer lugar la casilla "Start all (Iniciar todos)", en la columna "Action (Acción)".

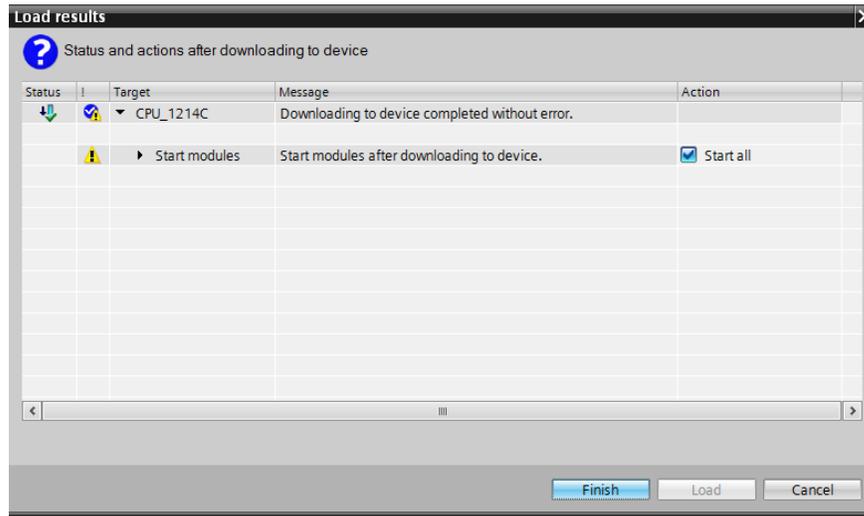
Después, haga clic en "Finish (Finalizar)". (→ Marcar casilla → Finish (Finalizar))



Si es necesario, antes de la carga deberán ajustarse otras acciones (marca rosa). A continuación, vuelva a hacer clic en "Load (Cargar)". (→ Load (Cargar))

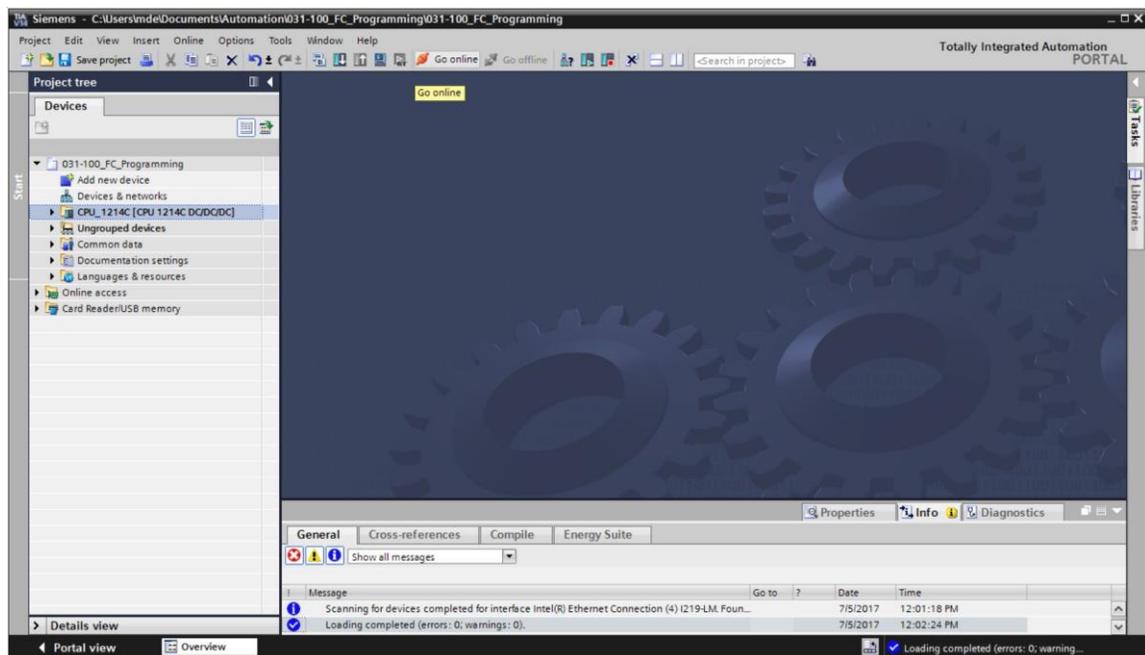


Tras la carga, marque en primer lugar la casilla "Start all (Iniciar todos)", en la columna "Action (Acción)". Después, haga clic en "Finish (Finalizar)". (→ Marcar casilla → Finish (Finalizar))

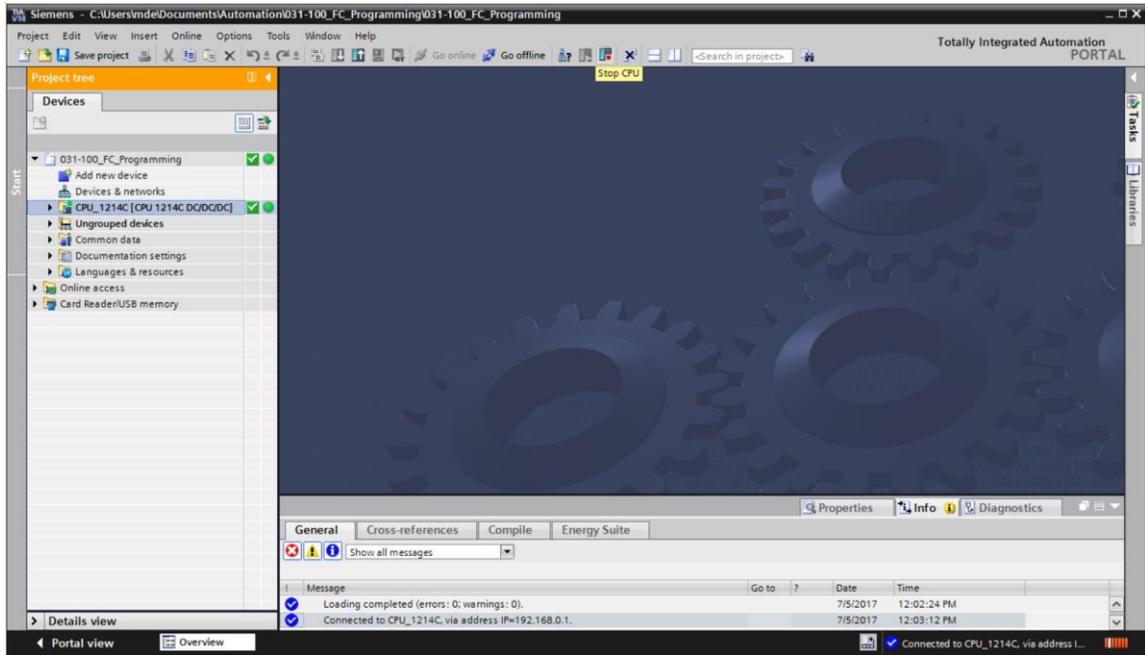


## Conexión online

Para acceder a las funciones de diagnóstico, seleccionamos nuestro controlador "CPU\_1214C" y hacemos clic en "Go online (Establecer conexión online)". (→ CPU\_1214C → Go online (Establecer conexión online))



Una vez establecida la conexión online con el controlador "PLC\_1", puede iniciar o detener la CPU con los siguientes botones: . En el árbol del proyecto y en la ventana de diagnóstico se ofrecen indicaciones en forma de símbolos para el diagnóstico.



### Símbolos del estado de comparación en el árbol del proyecto

Los símbolos de diagnóstico del árbol del proyecto muestran un estado de comparación que representa el resultado de la comparación online/offline.

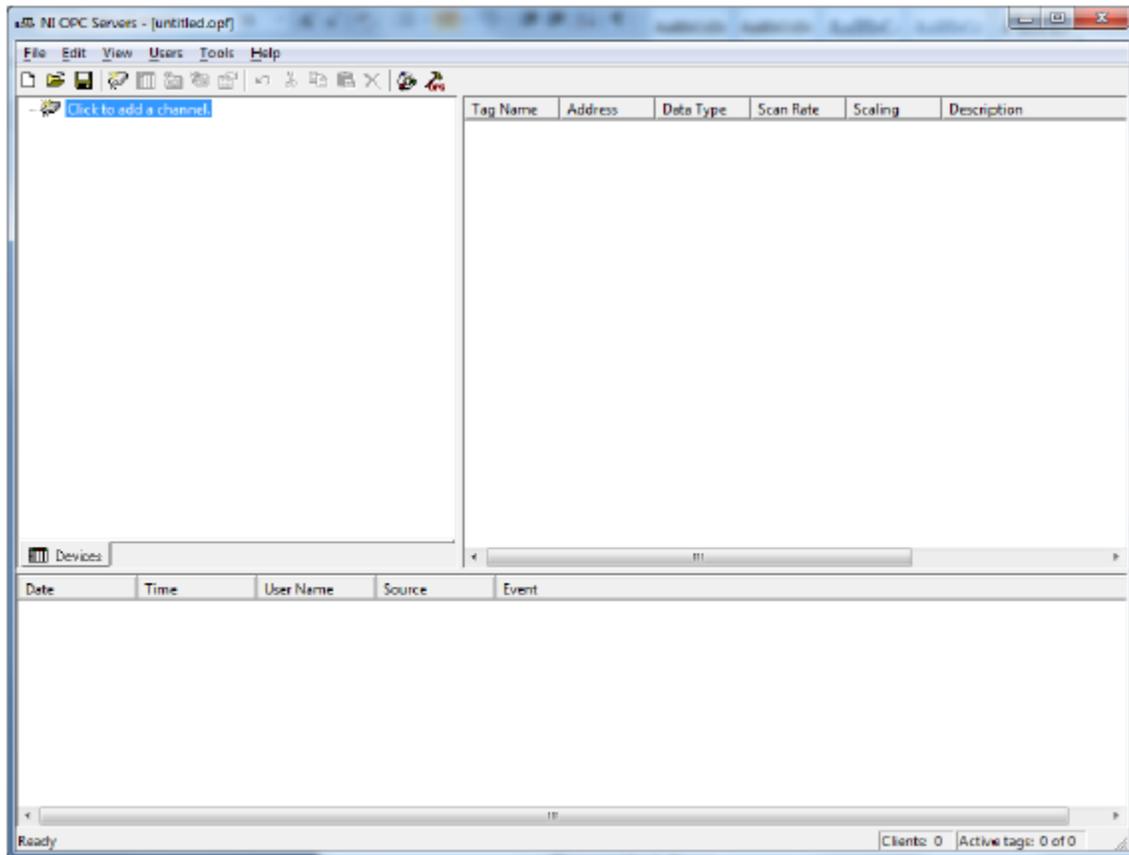
Símbolo	Significado
	La carpeta contiene objetos con versiones online y offline diferentes (solo en el árbol del proyecto)
	Las versiones online y offline del objeto son diferentes
	El objeto solo existe online
	El objeto solo existe offline
	La versión online del objeto es igual que la offline

**Tab. Símbolos de diagnóstico**

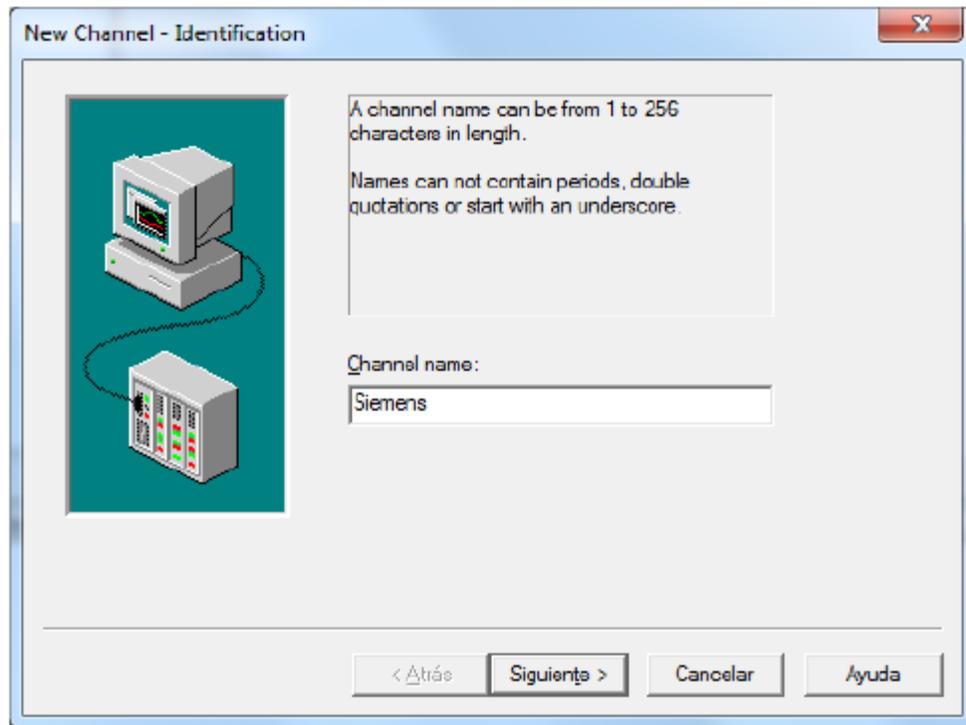
## CONFIGURACIÓN DEL NI OPC SERVER

En esta sección se mostrará cómo configurar el NI OPC Server para comunicarse con el PLC que se acaba de programar. No es necesario que el PLC tenga un programa corriendo, pero es conveniente hacerlo para confirmar la lectura de las señales.

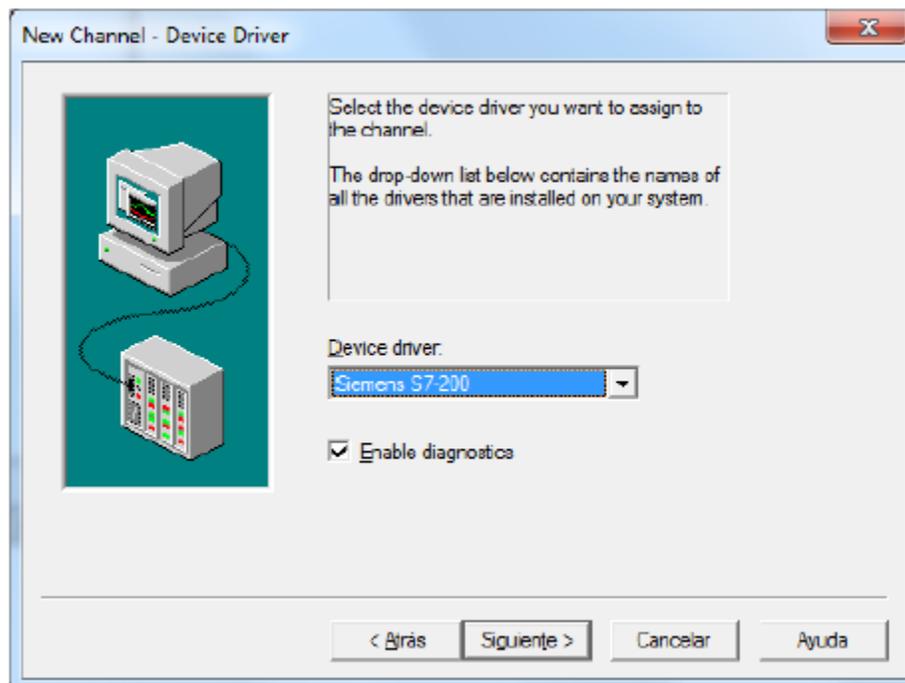
1. Abrir el programa NI OPC Servers
2. Abrir un nuevo proyecto usando el botón **New Project** ubicado en la parte superior izquierda. Aceptar cerrar y desconectar clientes activos en caso que fuera necesario.



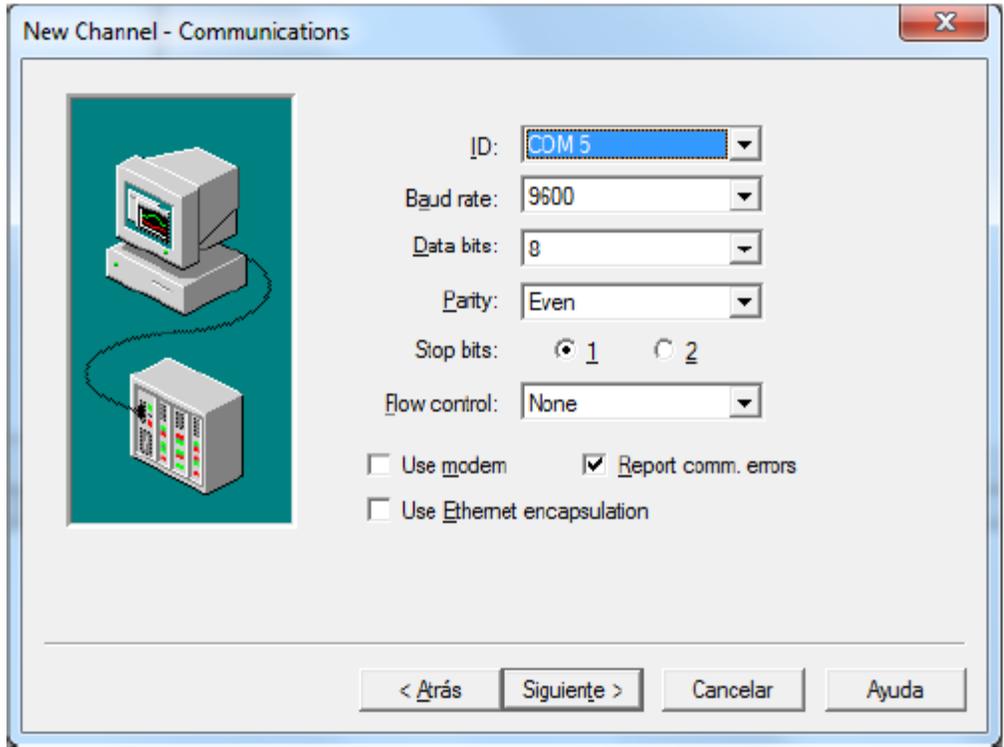
3. Añadir un canal haciendo clic en la figura del conector **Click to add a channel** en la parte izquierda superior de la pantalla. Un canal es una forma de comunicación del computador con el hardware, especificando además qué tipo de PLC se utilizará.
4. Agregar un nombre al canal. En este caso se utilizará el nombre **Siemens**. Presionar el botón **Siguiente**.



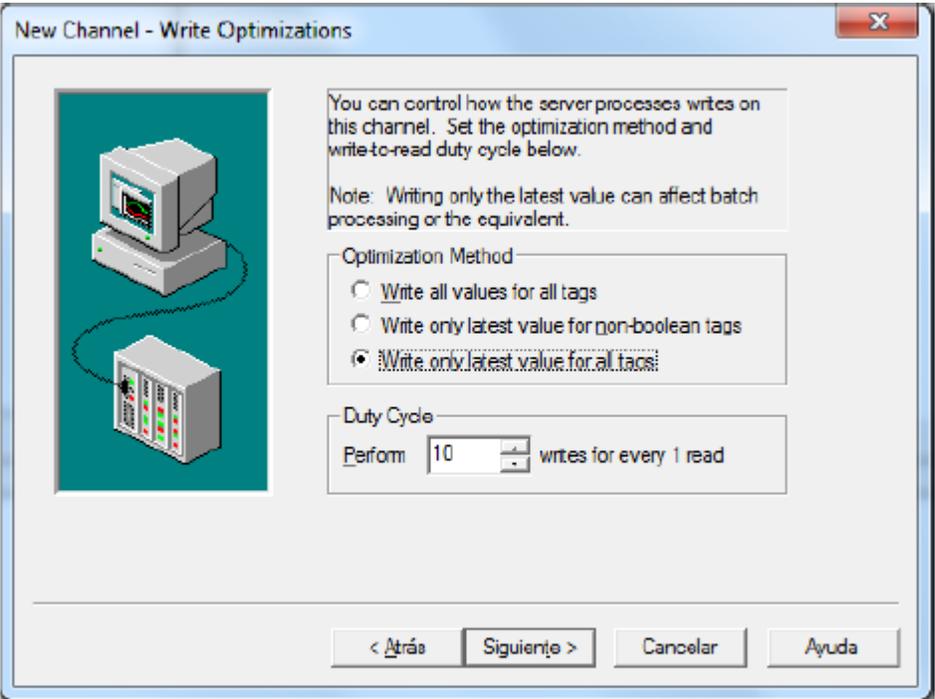
5. De la lista desplegable, seleccionar Siemens S7-200. Habilitar el diagnóstico para depurar errores. Presionar el botón Siguiente.



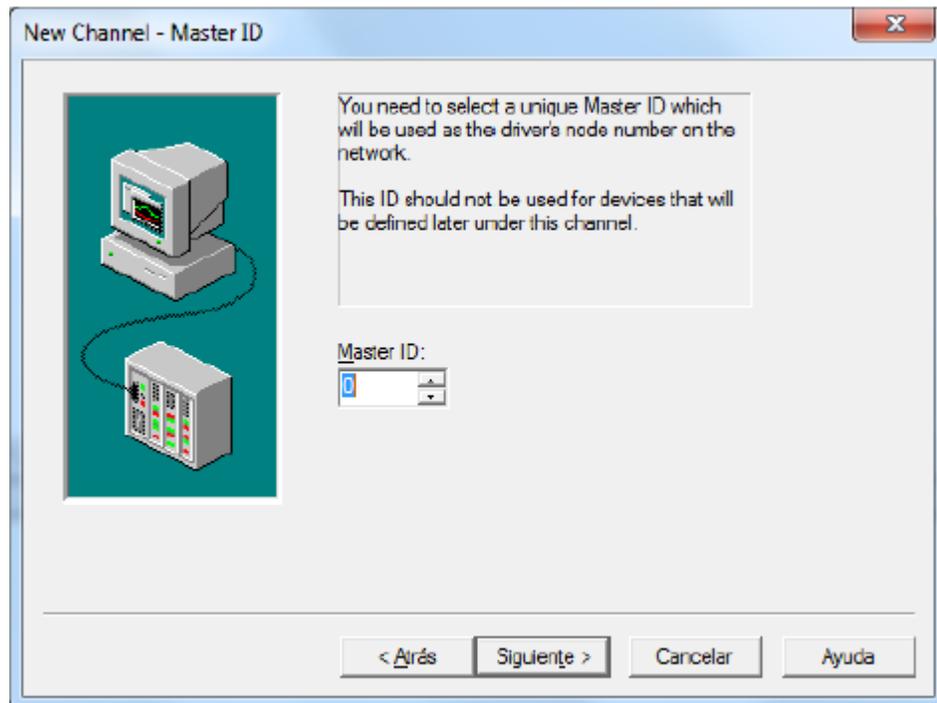
6. Seleccionar los parámetros de comunicación de acuerdo a la configuración tanto del PLC como del adaptador serial. Presionar el botón **Siguiente**.



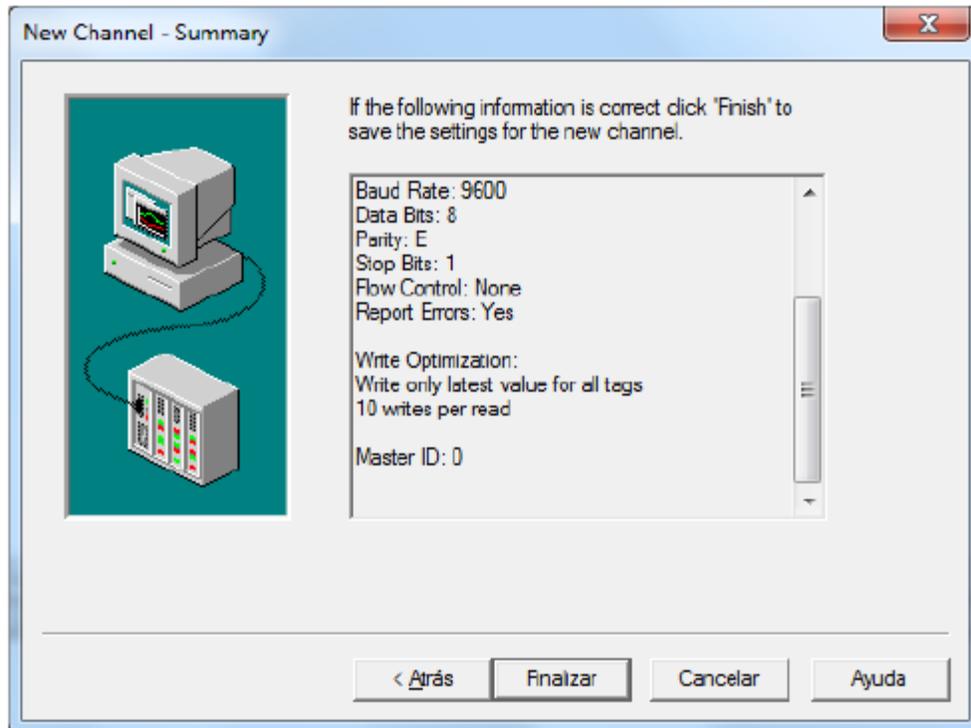
7. En la ventana de Write Optimizations dejar los parámetros predeterminados. Presionar el botón Siguiente.



8. Especificar la dirección Master (o local) del computador de acuerdo a la configuración del PLC. Presionar el botón Siguiente.



9. Aparecerá la pantalla que resume la configuración del canal.



10. Se puede copiar el texto con fines de documentación como se muestra a continuación. -

Name: Siemens

- Device Driver: Siemens S7-200

- Diagnostics: Enabled

- Communications Parameters

- Serial ID: COM 5

- Baud Rate: 9600

- Data Bits: 8

- Parity: E

- Stop Bits: 1

- Flow Control: None

- Report Errors: Yes

- Write Optimization:

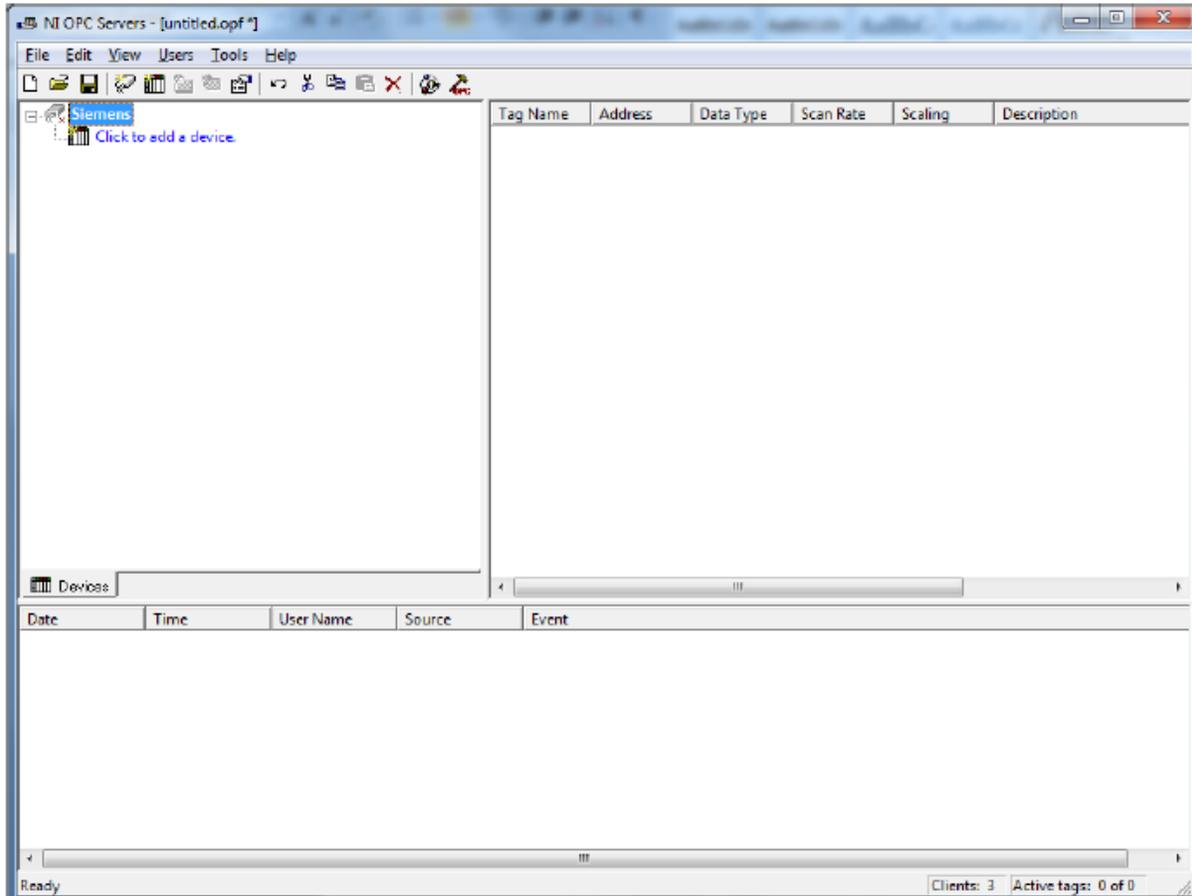
- Write only latest value for all tags

- 10 writes per read

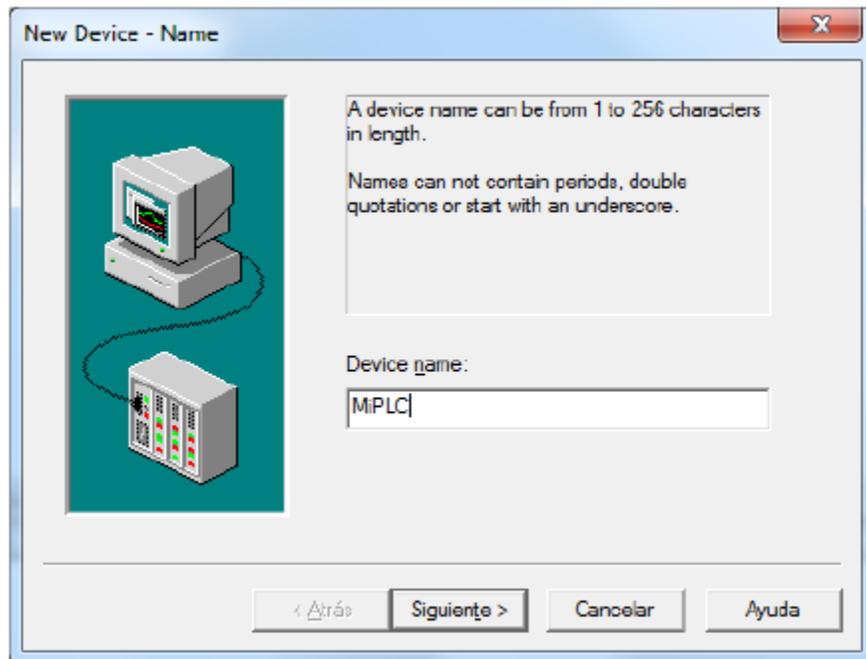
- Master ID: 0

11. Finalizar la configuración.

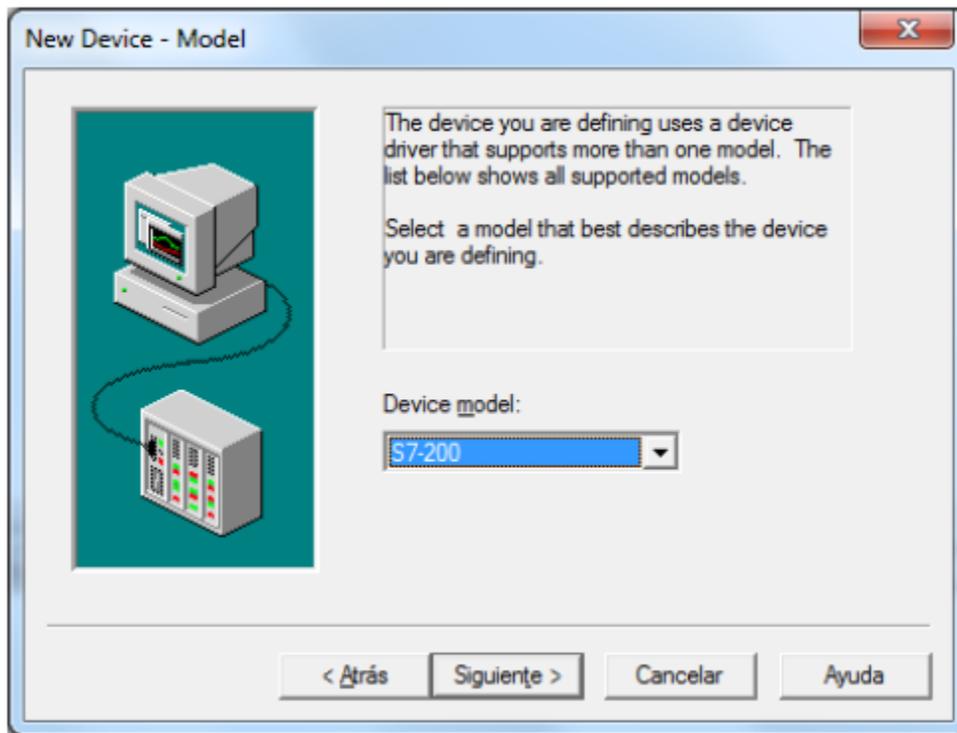
12. Puesto que en un canal de comunicaciones se pueden conectar varios equipos, a continuación es necesario agregar un dispositivo. Presionar **Click to add a device** en la parte izquierda superior de la pantalla



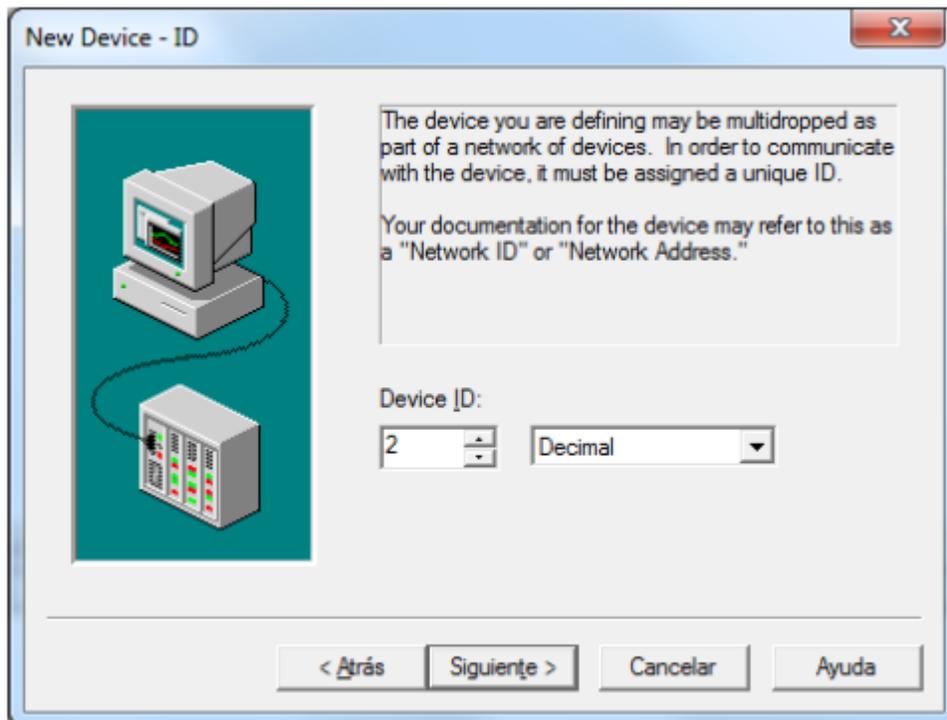
13. Dar un nombre al dispositivo. En este caso se ha nombrado MiPLC. Presionar el botón Siguiete.



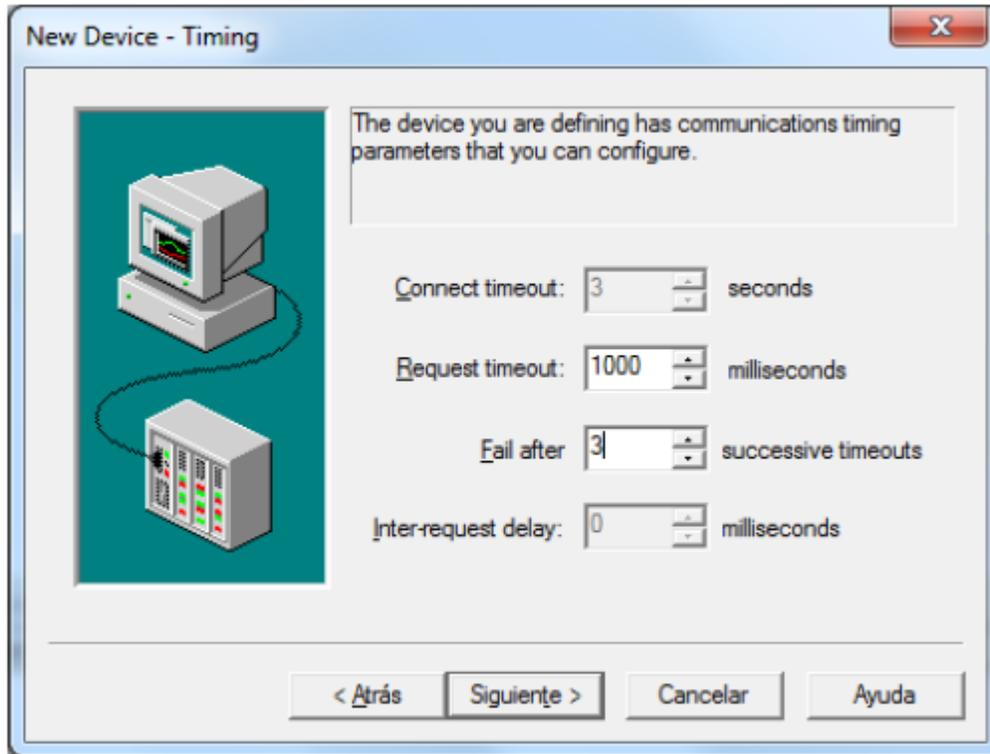
14. Seleccionar el modelo del PLC como S7-200.



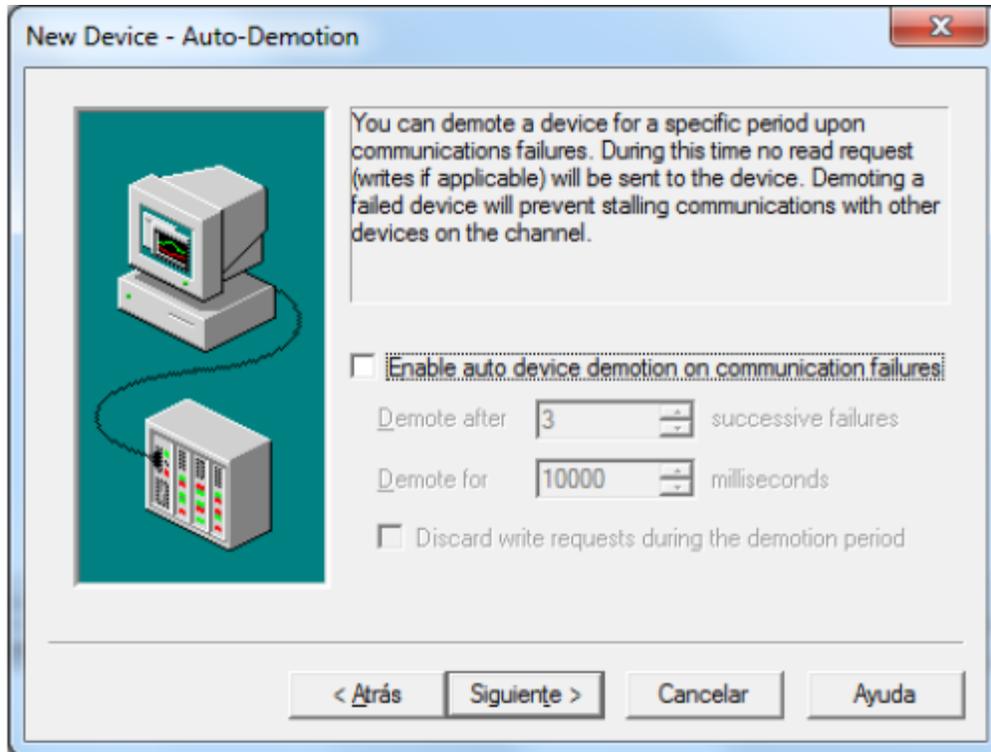
15. Determinar a qué dirección de dispositivo se conectará. Ésta debe coincidir con la dirección cuando se configuró el PLC, en este caso la número 2 (en formato Decimal). Presionar el botón Siguiete.



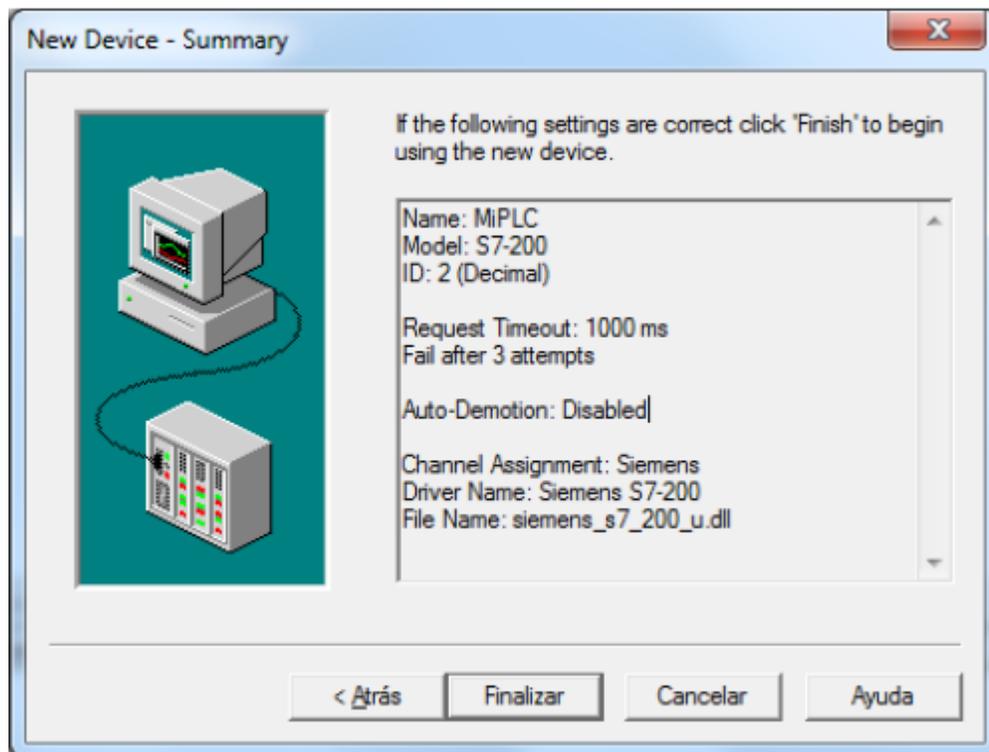
16. Configurar los parámetros de tiempo de comunicación. **Request timeout** es el tiempo que espera el driver sin comunicación antes de emitir una falla, no la tasa a la que el driver se comunica con el PLC (llamada poll rate). Se pueden dejar los valores predeterminados. Presionar el botón **Siguiente**.



17. Se puede activar la opción **Auto Demotion** para que el driver pueda intentar reconectar el dispositivo en caso de una pérdida de comunicación. Presionar el botón **Siguiente**.

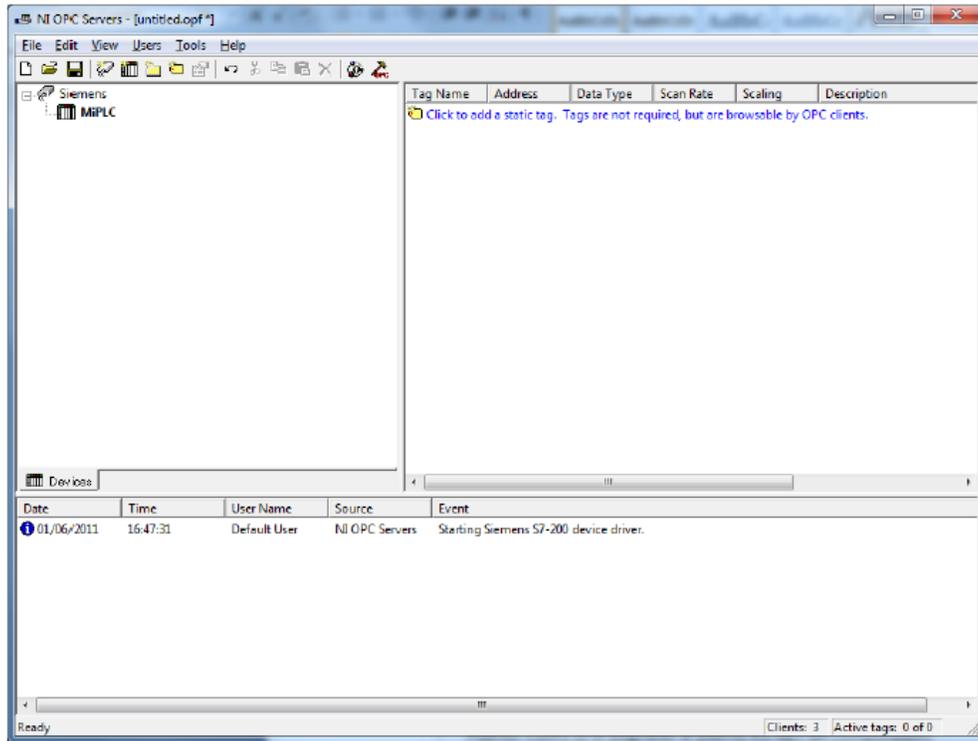


18. La pantalla **Summary** resume la configuración del dispositivo. Presionar el botón **Finalizar** para terminar la **configuración**.

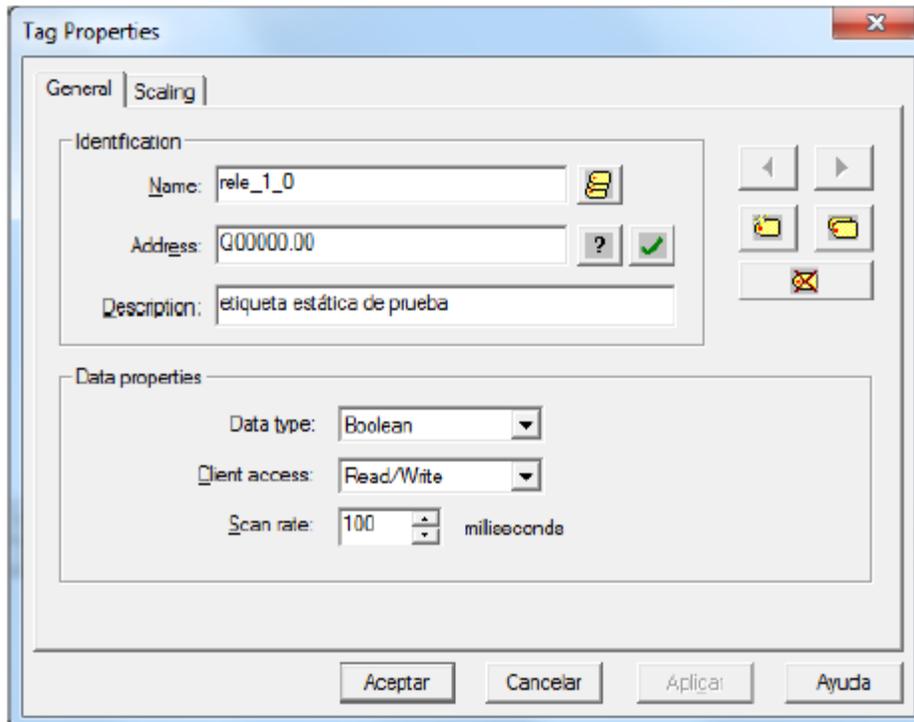


En este punto ya está configurada la comunicación del PLC Siemens S7-200 con el computador mediante OPC; es decir que desde un cliente OPC se podría monitorear las entradas, salidas, y parámetros del sistema del PLC. Sin embargo, es conveniente agregar una etiqueta estática (Static Tag) tanto para probar la comunicación como para que sea accedida posteriormente desde el cliente OPC.

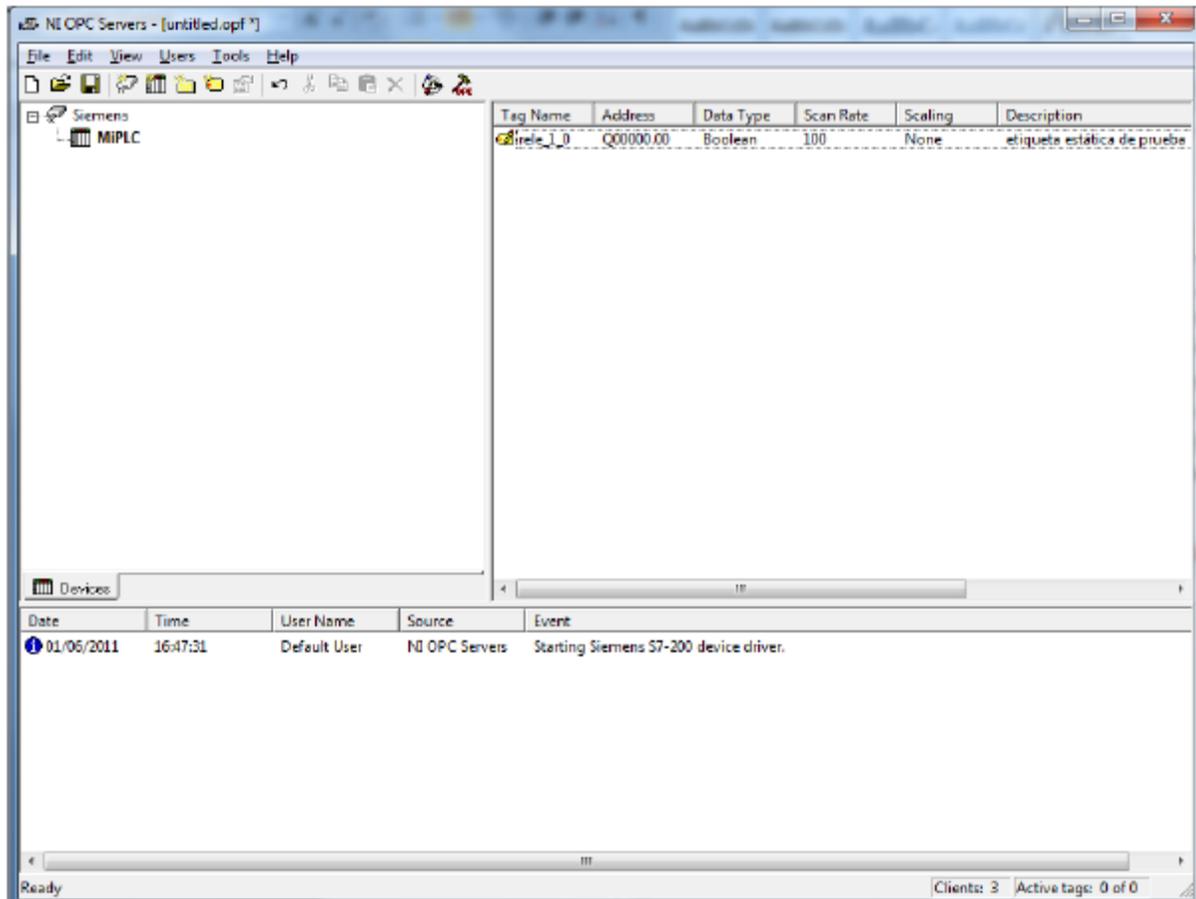
1. Añadir una etiqueta estática haciendo clic en el enlace **Click to add a static tag**.



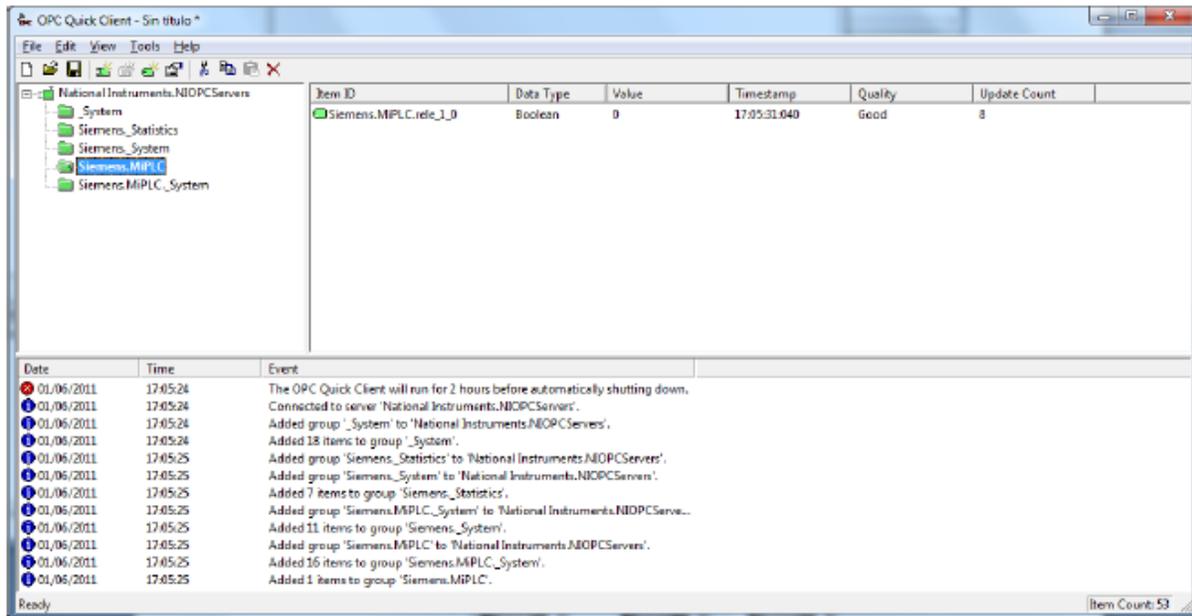
2. Configurar las propiedades de la etiqueta como se muestra a continuación. Notar que el tipo de dato debe ser **Boolean**, no Byte (que es el tipo de dato predeterminado). En este caso, cuando se especifica una dirección (por ejemplo Q0.0) en realidad apunta a una dirección de un puerto mayor (en este caso Q1.0). Se desconoce la causa y cómo direccionar al puerto 0. Sin embargo, más adelante cuando se utilice LabVIEW como cliente OPC el direccionamiento se hará correctamente. Presionar **Aceptar** una vez configurada la etiqueta.



3. La etiqueta se habrá agregado al proyecto.



4. Para confirmar que el PLC se esté comunicando con el servidor OPC correctamente se puede lanzar el cliente OPC rápido. Presionar el botón **Quick OPC Client**. En el árbol de la parte superior izquierda de la pantalla seleccionar el canal y el dispositivo que se ha configurado; en este caso, **Siemens.MiPLC**. En la parte superior derecha de la pantalla aparecerá la variable con su valor y parámetros de configuración.



5. Cerrar el Quick OPC Client. No es necesario guardar la configuración.

6. Guardar el proyecto.

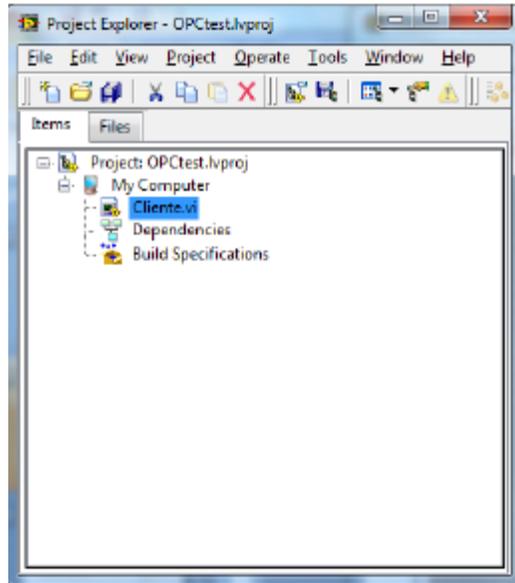
La configuración del servidor OPC ha sido terminada. Se puede cerrar el servidor.

## MONITOREO DESDE LABVIEW

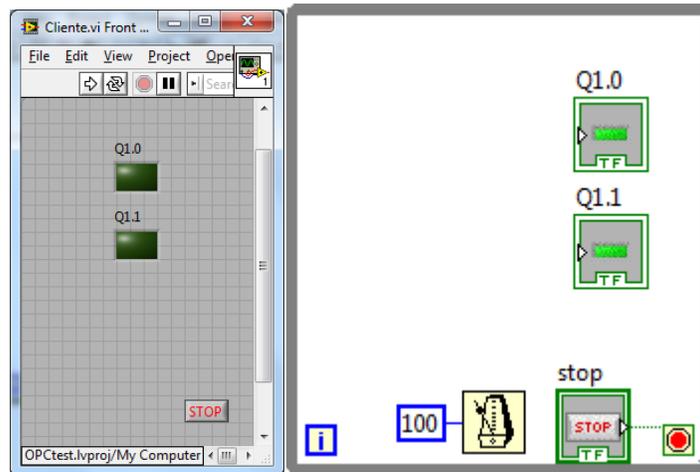
Una vez que se ha configurado correctamente el servidor OPC se puede conectar cualquier cliente OPC para monitorear los PLC. En este ejemplo se utilizará LabVIEW como cliente OPC.

1. En LabVIEW, abrir un nuevo proyecto. Grabarlo como **OPCtest**.

2. Crear un nuevo VI en My Computer para monitorear el PLC. Nombrar al VI como **Ciente**.



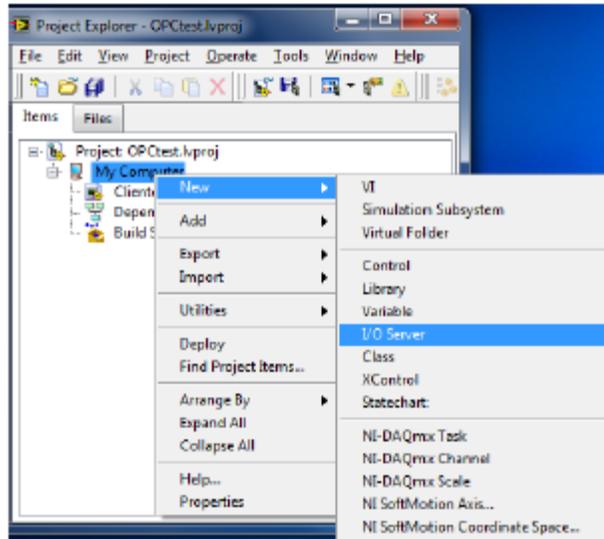
3. En **Cliente.vi**, crear el siguiente programa para desplegar el estado de las líneas digitales Q1.0 y Q1.1 del PLC en el panel frontal.



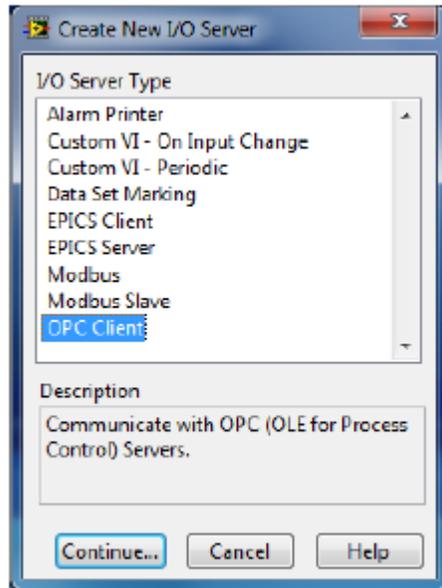
4. La comunicación de LabVIEW como cliente OPC se puede hacer de varias maneras. En este demo se utilizará una Shared Variable conectada al servidor OPC. Ambos elementos deben estar contenidos dentro de una librería. Referenciarse a la ayuda de LabVIEW y a la página web para mayor información sobre Shared Variables y Librerías.

a. En My Computer, hacer clic secundario y seleccionar **New>I/O Server**

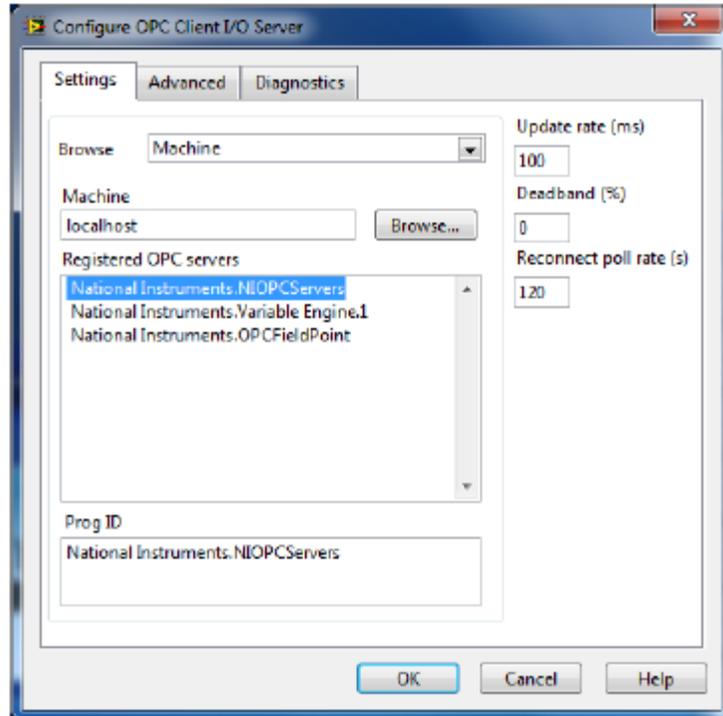
**Nota:** En caso de no tener instalado LabVIEW DSC no aparecerá este acceso.



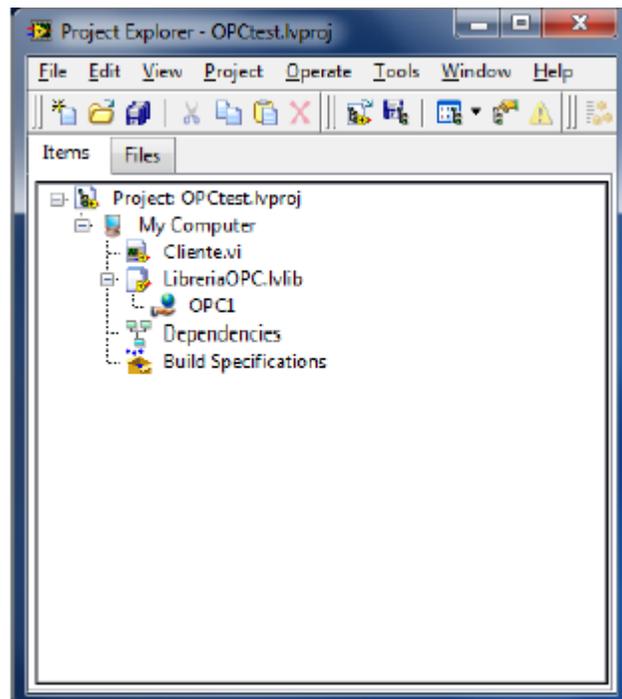
b. Seleccionar **OPC Client** de la lista y presionar **Continue**.



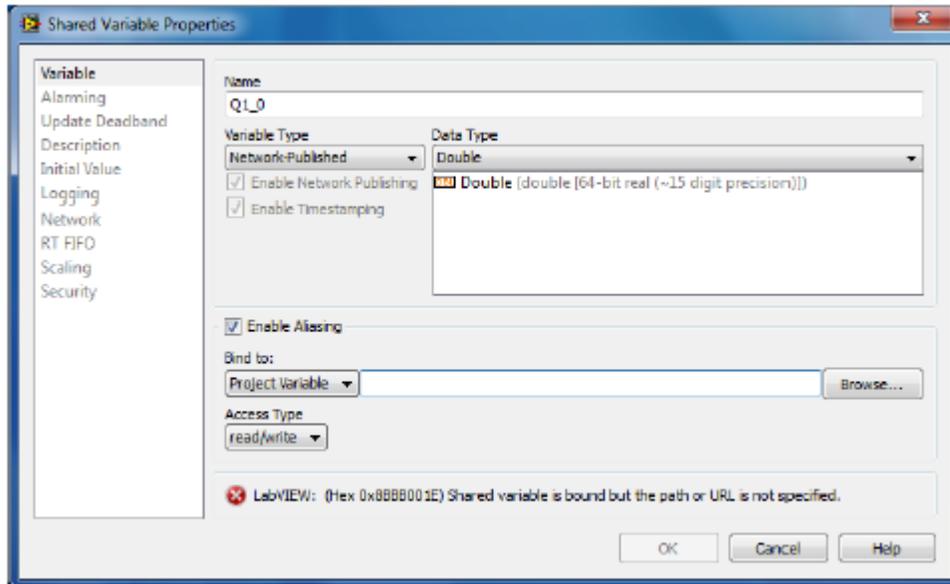
c. En la pantalla de configuración de Cliente OPC, seleccionar el servidor **National Instruments.NIOPCServers**. Update Rate (ms) es la tasa a la que el servidor se comunicará con el PLC. Configurar a **100 ms** en lugar de los 1000 ms predefinidos debido a que el programa del PLC corre relativamente rápido. Presionar el botón **OK**.



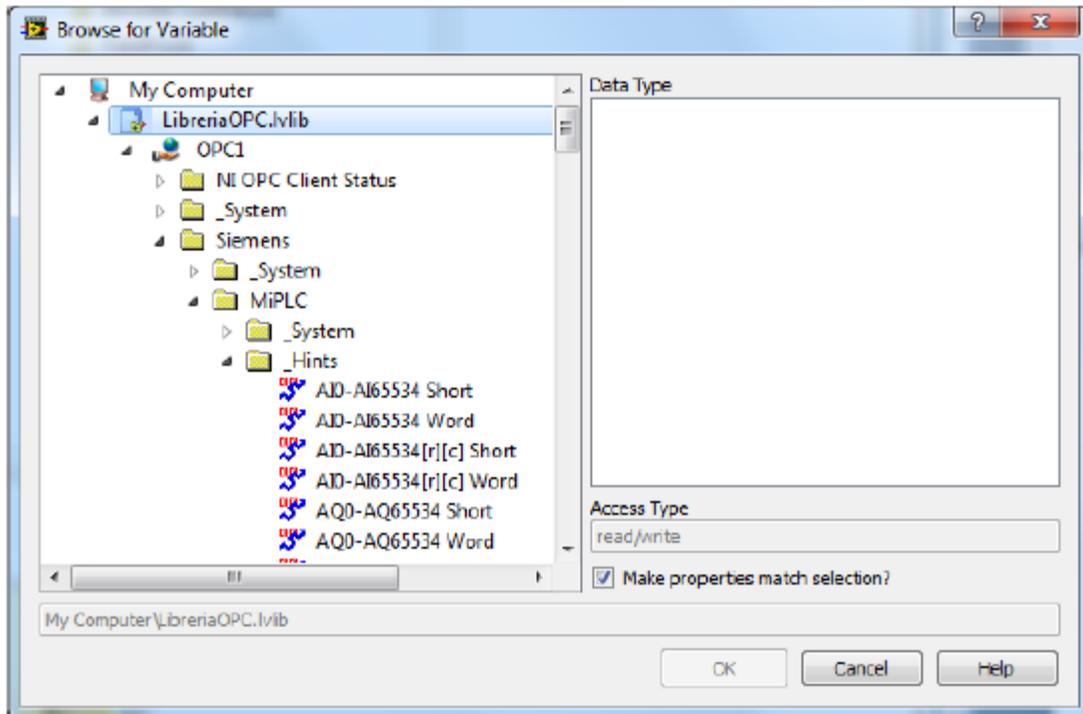
d. En el proyecto se habrá agregado una nueva librería con el servidor OPC dentro de ella. Grabar todo el proyecto, nombrando la librería como **LibreriaOPC**.



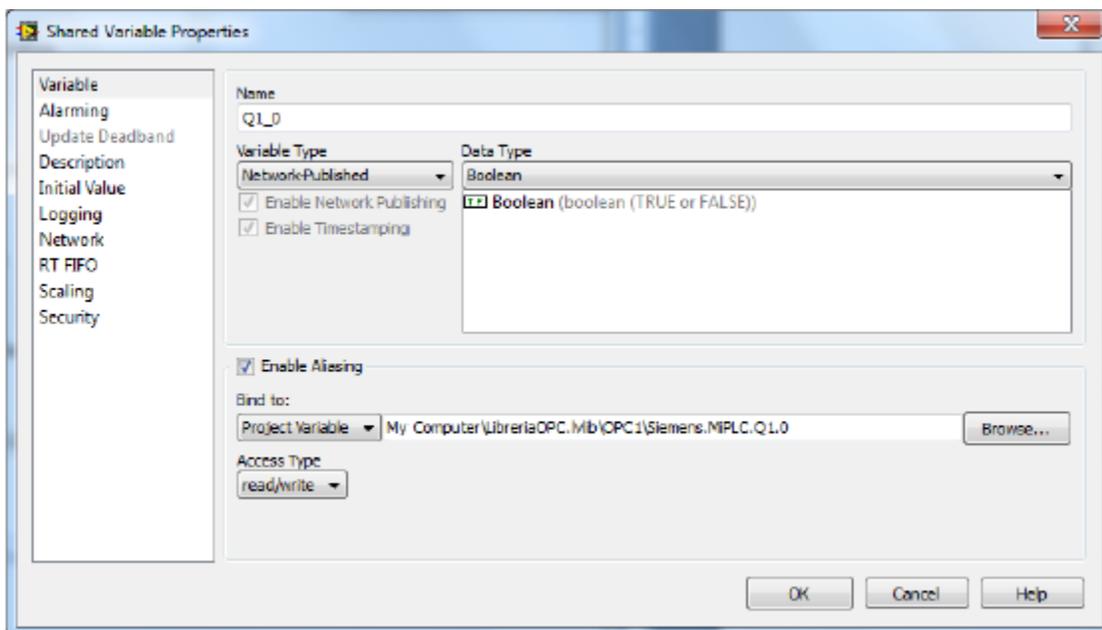
- e. Crear una Shared Variable dentro de la **LibreríaOPC** haciendo clic secundario sobre ella y seleccionando **New>Variable**.
- f. El nombre de la nueva variable será **Q1\_0**. Recordar que no se pueden colocar puntos ni caracteres especiales dentro de los nombres de las variables.
- g. Seleccionar **Enable Aliasing** para ligar la variable al servidor OPC.



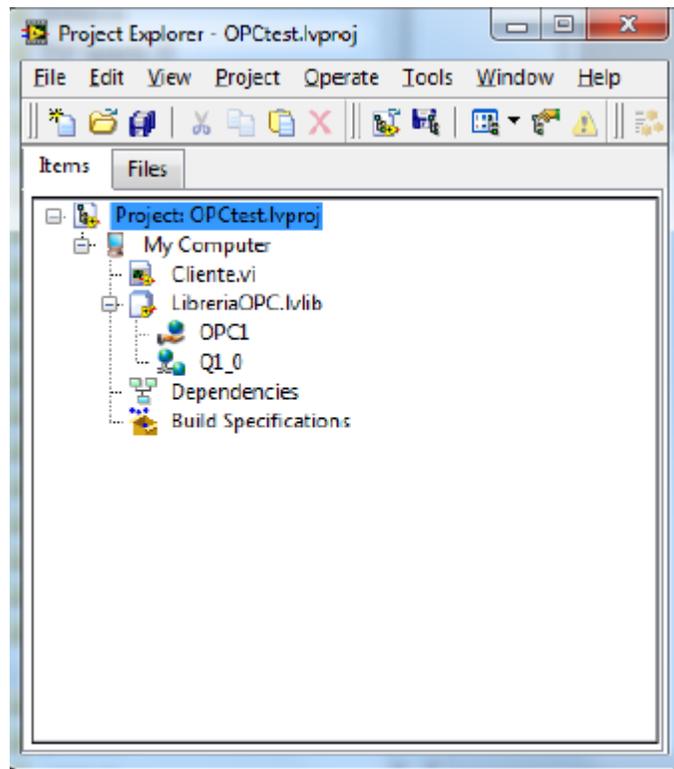
- h. Presionar el botón **Browse**. Navegar hasta encontrar el servidor OPC, hallar el canal de comunicación **Siemens**, y el dispositivo **MiPLC**, que son los parámetros configurados en el NI OPC Server. Navegando dentro de la carpeta **Hints** se pueden observar los formatos de las direcciones de un PLC Siemens S7-200.



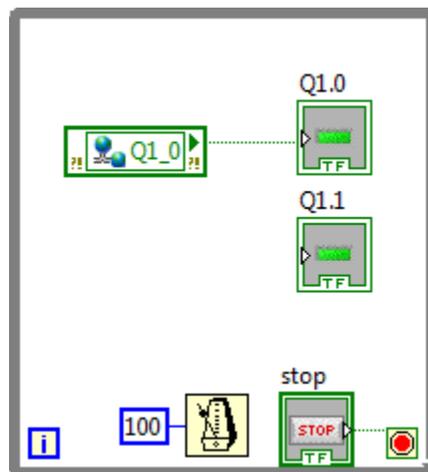
i. Seleccionar un rango de direcciones cualquiera y presionar el botón OK. Se desplegará nuevamente la ventana **Shared Variable Properties**. Editar el campo de **Bind to:** como se muestra en la captura de pantalla siguiente, de modo que la ruta termine en **Siemens.MiPLC.Q1.0**. **Q1.0**. Seleccionar el tipo de variable como **Boolean** para coincidir con el tipo de dato.



j. Presionar el botón **OK**. El proyecto quedará como se muestra en la captura de pantalla.



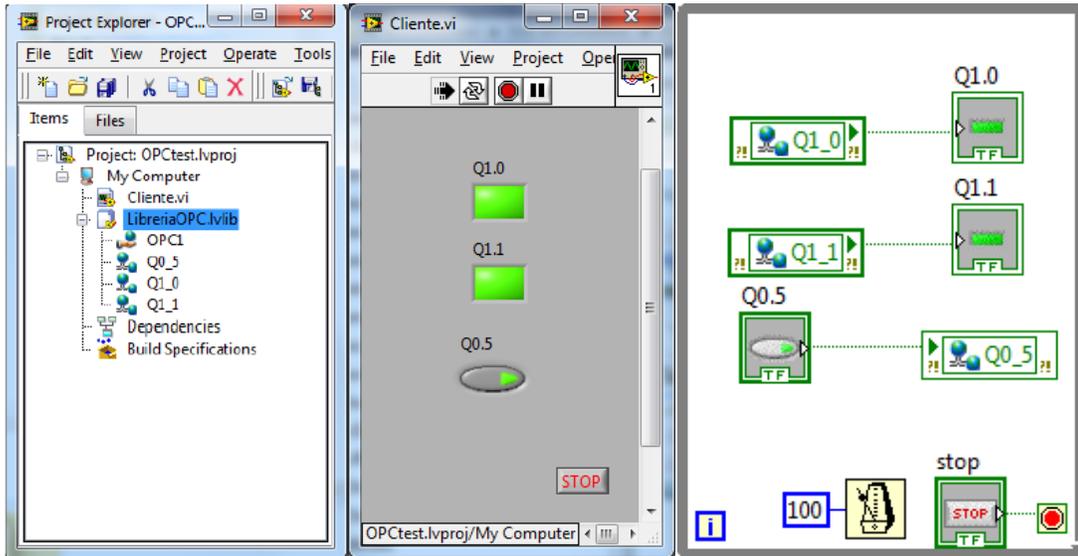
5. Para monitorear el estado de la línea digital Q1.0, arrastrar la variable de ese nombre hacia el diagrama de bloques y cablearla al indicador booleano.



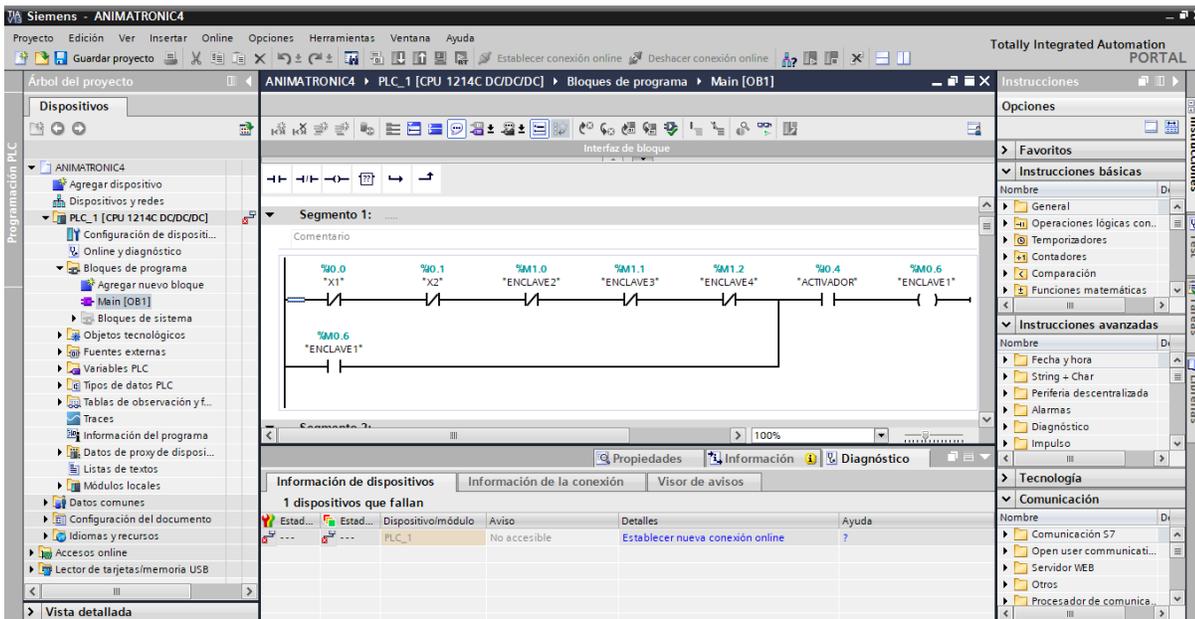
6. Correr el programa. En el panel frontal se mostrará el estado de la línea digital.

7. Repetir la creación de una shared variable para monitorear la línea Q1.1.

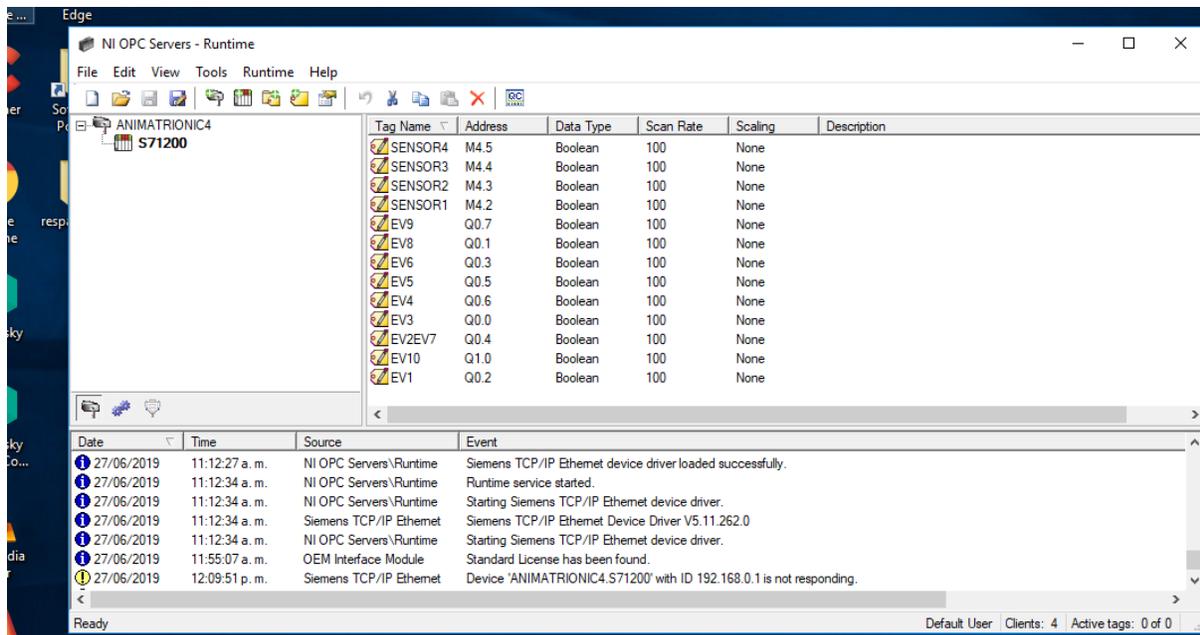
Como ejercicio adicional, se pueden crear controles booleanos para comandar líneas digitales del PLC. En la siguiente captura de pantalla se está comandando la línea digital Q0.5 mediante un botón. En este caso se debe seleccionar la variable en modo Write (en el diagrama de bloques, clic secundario en la variable, y seleccionar **Access Mode > Write**).



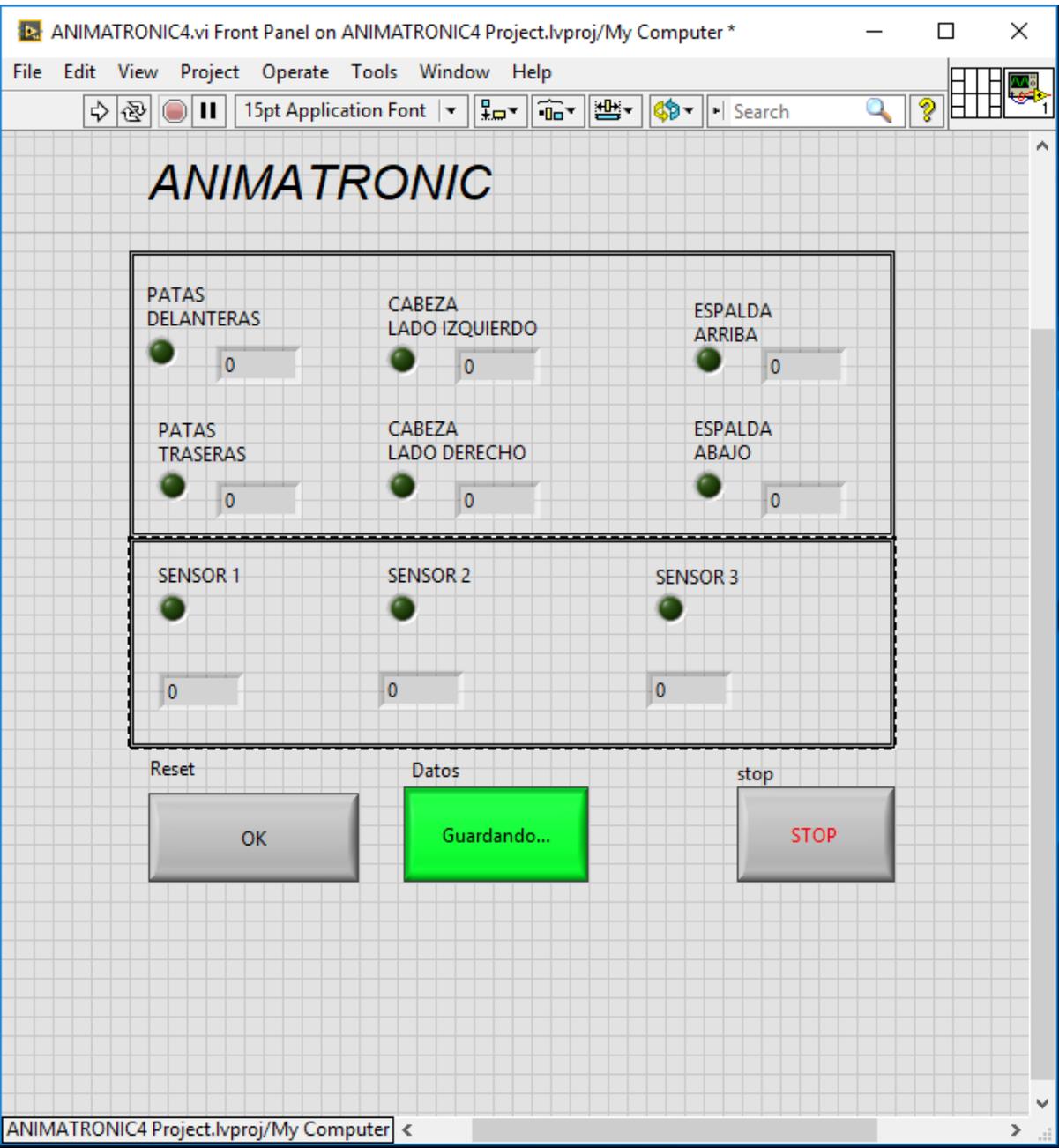
### 4.3 RESULTADOS

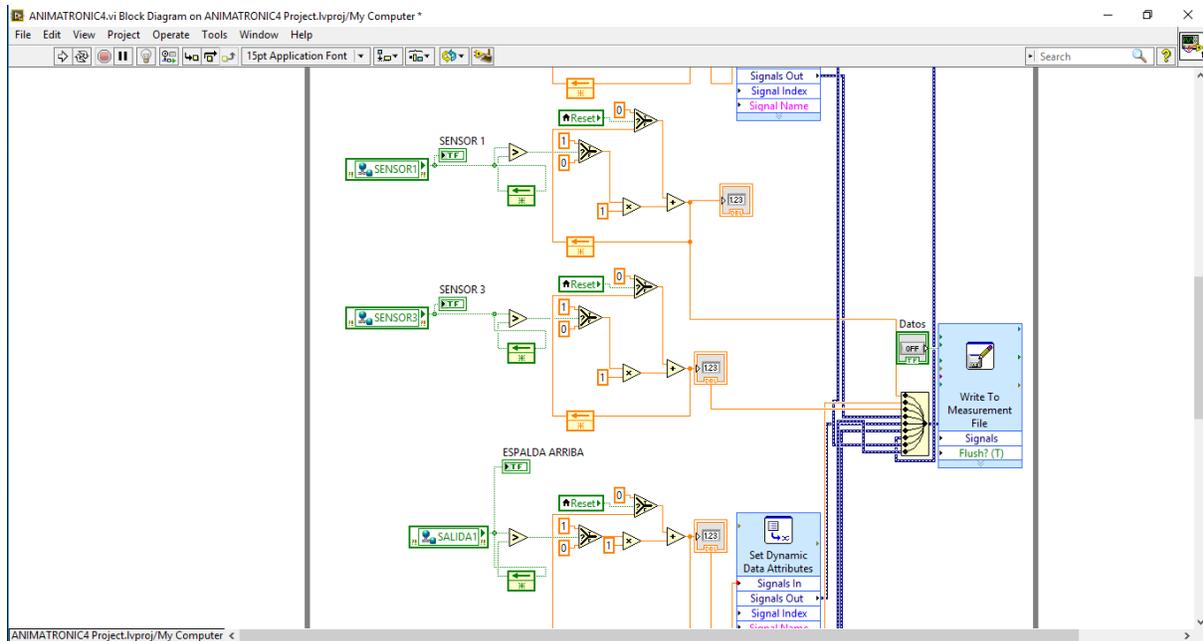


Programa final del animatronic probado y cargado al PLC.



Variables booleanas para la comunicación del PLC a la interfaz de LabView.





Interfaz virtual de labview para el monitoreo en tiempo real del animatronic

#### 4.4 CONCLUSION

Hasta el momento el monitoreo del animatronic es eficiente desde una red local por ejemplo la del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, respecto al envío de información se tiene unos detalles ya que no se tiene conocimiento amplio en la base de datos vía internet desde la interfaz de labview. Por lo pronto este sistema es eficiente y cumple con las expectativas que se tenía al iniciar el proyecto. Se tiene previsto terminar con la comunicación del mismo hasta llegar al monitoreo en tiempo real desde internet.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Animatronic Eye Mechanism (2018). Human Eye Technology: <http://browpicz.pw>.
- [2] Kalnad, C. (2016). Review on animatronics. Imperial Journal of Interdisciplinary Research.
- [3] Yousuf, A., Lehman, W., Nguyen, P., & Tang, H. (2003). Animatronics and emotional face displays of robots.
- [4] Ollero Baturone, Aníbal, (2001), Robótica, manipuladores y robots móviles, Alfaomegamarcombo, España, 2001.
- [5] Bergmann, T. & Peterson, D. (2010). Joint Anatomy and Basic Biomechanics. Chiropractic Technique, 3(1), 11-23.
- [6] Cerezo Gabriela, Diseño y Simulación de un Contorlador Difuso, Tesis Profesional, ULSA, México, 1994.
- [7] International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 5, Issue 4, April 2016
- [8] ASTUDILLO, C Y LOPEZ, H. (2012). El cine y la tecnología: Animatronics. Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional.
- [9] <http://amrproducciones.blogspot.mx/2013/03/animatronics.html>
- [10] Fernández, E. (2013). El cine y la tecnología: Animatronics. Neoteo. Available <http://www.neoteo.com/el-cine-y-la-tecnologia-animatronics>
- [11] Hernández, C. (2012). Animatrónica, una aproximación a partir de su diseño y construcción. Licenciatura. San Buenaventura University.
- [12] <http://www.stratasys.com/mx/materiales>
- [13] <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/72584-manufactura-3d-retos-y-tendencias>
- [14] <http://www.stratasys.com/mx/impresoras-3d/technologies/fdm-technology>
- [15] <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>
- [16] [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_mx/plm/cad.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cad.shtml)