



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y  
MATEMÁTICAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO DE UN CONTROL AUTOMATIZADO  
PARA DISMINUIR LAS PARADAS NO  
PROGRAMADAS EN LA EMPRESA  
LADRILLERA SAGITARIO S.A.C.”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Presentado por:**

**Bach. Fernández Córdova Héctor Iván.  
Bach. Calderón Becerra Duver Roy.**

**Asesor:**

**Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2017**



**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ  
GALLO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**ELECTRÓNICA**



---

**"DISEÑO DE UN CONTROL AUTOMATIZADO  
PARA DISMINUIR LAS PARADAS NO  
PROGRAMADAS EN LA EMPRESA LADRILLERA  
SAGITARIO S.A.C."**

---

**TESIS**

---

**Para Optar El Título Profesional De:  
Ingeniero Electrónico**

---

**Presentado por:**

**Bach. Fernández Córdova Héctor Iván.  
Bach. Calderón Becerra Duver Roy.**

**Asesor:**

**Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Los firmantes, por la presente certifican que han leído y recomiendan a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas la aceptación de la tesis titulada "Diseño De Un Control Automatizado Para Disminuir Las Paradas No Programadas En La Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.", presentada por los bachilleres en Ingeniería Electrónica, Fernández Córdova Héctor Iván, Calderón Becerra Duver Roy, en el cumplimiento parcial de los requisitos para obtención del título profesional de Ingeniero Electrónico.



---

**Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla**  
**Presidente Jurado de Tesis**



---

**Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera**  
**Secretario Jurado de Tesis**



---

**Ing. Martin Augusto Numbera Lossio**  
**Vocal Jurado de Tesis**

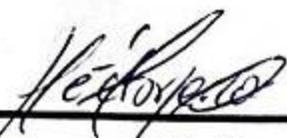
**Lambayeque – Perú**  
**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

---

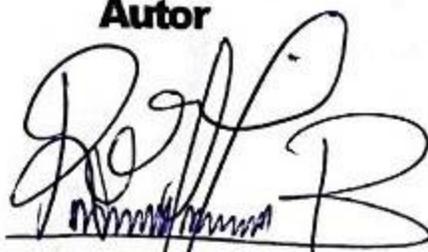
**"DISEÑO DE UN CONTROL AUTOMATIZADO PARA  
DISMINUIR LAS PARADAS NO PROGRAMADAS EN  
LA EMPRESA LADRILLERA SAGITARIO S.A.C."**

---



**Bach. Fernández Córdoba Héctor Iván**

**Autor**



**Bach. Calderón Becerra Duver Roy**

**Autor**



**Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez**

**Asesor**

**Lambayeque – Perú  
2017**

# Agradecimiento

El presente trabajo de tesis en primer lugar agradezco a Dios por bendecirme y dejar que mi sueño anhelado se haga realidad.

A la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo y en especial a la facultad FACFyM por acogerme en sus aulas. A mi asesor de Tesis Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez por el apoyo brindado. A mis padres por haberme sabido orientar y apoyar en todo momento durante toda la carrera universitaria.

**Héctor.**

Quiero agradecer Infinitamente a **Dios** por acompañarme todos los días.

**A mis Padres y Hermanos;** Por ser los pilares más importante, por su apoyo para hacer realidad mis sueños.

**A mi Abuelo Francisco, Percy y Delci;** Por tu ejemplo de Disciplina y trabajo que nos enseñaste en vida, a mis Hermanitos Percy y Delci desde donde estén, sé que me están cuidado siempre.

**A mi Hija Dalesska;** Por ser mi inspiración y fuerzas para seguir adelante y cumplir mis sueños velando por los tuyos.

**Duver.**

# Dedicatoria

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios por haberme brindado la salud y poder llegar hasta este punto y lograr mis objetivos trazados.

A mis padres por estar a mi lado siempre brindándome todos sus consejos y apoyo para hacer de mí una mejor persona cada día.

A mis hermanos por brindarme sus ejemplos.

**Héctor.**

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios por haberme dado la vida y por permitirme lograr esta meta tan importante como profesional, por acompañarme y darme fuerzas todos los días para superar los obstáculos que se nos presentan, a mis padres, hermanos por ser los pilares más importantes y por su gran apoyo incondicional que me han brindado siempre, a mi querida Hija por ser mi inspiración y mis fortaleza.

**Duver.**

# Resumen

---

En el presente proyecto de investigación se presenta la solución a las paradas de planta no programadas por fallas de hardware en la Empresa Ladrillera Sagitario SAC, se propone que mediante la Automatización y Supervisión en sus diferente procesos de fabricación de ladrillos la disminución de paradas no programadas por fallas hardware. Se utilizará la migración de PLC's e implementación del sistema SCADA, finalmente se propondrá algunas recomendaciones para las mejoras en el proceso de producción.

# Abstract

---

The present research project presents the solution to the unscheduled plant shutdowns due to hardware failures in the Company Ladrillera Sagitario SAC, it is proposed that through Automation and Supervision in its different brick manufacturing processes the reduction of unscheduled shutdowns for hardware failures. The migration of PLCs and implementation of the SCADA system will be used, finally some recommendations will be proposed for improvements in the production process.

# Introducción

---

En esta investigación se describe el estudio realizado a la planta de la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C. para disminuir las paradas de planta generadas por fallas en los controladores debido a su antigüedad, para ello se propone como solución la migración de los controladores implicados por versiones modernas y la implementación de un sistema SCADA que monitorear el estado de la Instrumentación en planta.

Se expone inicialmente el problema y el marco teórico en el cual se sustenta la investigación para ello se tocan puntos como los controladores PLC, protocolos de comunicación y sistemas SCADA.

Se acopia la información producto de los instrumentos de la investigación, como las entrevistas, listas de cotejo etc. Es fundamental este acopio ya que es necesario tener una base de datos para poder realizar una migración con éxito, así como el dimensionamiento correcto de los equipos a instalar, elección de protocolos de comunicación, etc.

Con los instrumentos, se explica cómo a partir de ellos la propuesta fue desarrollada, detallando paso a paso el procedimiento que se siguió para ello.

Seguidamente se discuten los resultados, se presentan las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

# Índice General

<b>Resumen</b>	I
<b>Abstract</b>	II
<b>Introducción</b>	III
I. ASPECTO INFORMATIVO.....	2
II. ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
II.1 El Problema.....	2
II.2 Tipos de Control.....	5
II.3 Estrategias de Control.....	6
II.4 Controlador Lógico Programable.....	9
II.5 Protocolos de Comunicación Industriales.....	11
II.6 Sistema de Supervisión y Monitorización.....	17
II.7 Formato del Problema Científico.....	21
II.8 Objetivo.....	21
II.9 Hipótesis.....	21
II.10 Variables.....	21
II.11 Instrumentos de Recolección de Datos.....	22
III. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	47
III.1 Determinación de PLC's a Migrar.....	47
III.2 Migración del Área de línea 1.....	47
III.3 Migración del Área de Secado.....	50
III.4 Migración del Área de Movimiento de Vagones.....	54
III.5 Migración del Transporte de Vagones a la Entrada de Pre-Horno.....	57
III.6 Migración del Transporte de Vagones a la Salida del Pre-Horno.....	60
III.7 Migración del Transporte de Vagones a la Entrada del Horno.....	63
III.8 Dimensionamiento del Sistema SCADA.....	65
III.9 Estaciones de Trabajo.....	70
III.10 Cuadro de Tiempos.....	71
III.11 Reporte de Parada de Planta no Programada.....	72
IV. RESULTADOS.....	74
IV.1 Migración de los Controladores Lógicos Programables.....	74
IV.2 Desarrollo del SCADA.....	80
IV.3 Diseño de la Arquitectura de Red.....	83
IV.4 Paradas de Planta no Programadas.....	84
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	87
VII. RECOMENDACIONES.....	88
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

## **I. ASPECTO INFORMATIVO**

### **I.1. TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION:**

**“DISEÑO DE UN CONTROL AUTOMATIZADO PARA DISMINUIR LAS PARADAS NO PROGRAMADAS EN LA EMPRESA LADRILLERA SAGITARIO S.A.C.”**

## **II. ASPECTO DE LA INVESTIGACION.**

### **II.1. El Problema.**

El crecimiento exponencial que presenta esta actividad constructora hace que la demanda de los materiales de construcción aumente al mismo ritmo. Es por eso que las empresas que se encargan de proveer estos materiales deben de tener la capacidad de cubrir las necesidades del mercado inmobiliario. Dentro de las Empresas que se encuentran dentro del rubro de la fabricación de materiales de construcción, tenemos a la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C, que con 35 años de experiencia en la fabricación de ladrillos ha sabido mantenerse en el mercado de la construcción, cumpliendo los estándares requeridos para un producto final de calidad.

El proceso de fabricación del ladrillo en la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C presenta 6 etapas, recepción de materia prima, etapa de molienda, etapa de preparación de la masa cerámica, etapa de formación del ladrillo, etapa de secado y etapa de cocción. Para implementar estas etapas de producción se requiere maquinarias, motores, válvulas, sensores, equipos de control, accionamientos mecánicos, etc. Es así que en el año 1998 la planta de fabricación de la Ladrillera Sagitario automatiza las 6 etapas de su proceso, haciendo uso de Controladores Lógicos Programables (PLC's) de la marca Siemens (SimaticS5). Estos PLC's se encuentran ubicados en sus respectivos tableros de control y en puntos estratégicos de la etapa del proceso que controlan.

A partir de esta automatización, la producción de ladrillo en la planta se vio incrementada reduciendo tiempos muertos en producción y errores a causa de malas maniobras por el operario. Sin embargo, aún se tienen inconvenientes para poder identificar las fallas generadas por las máquinas y/o actuadores, lo cual repercute en que la planta pare su proceso de fabricación hasta que se solucionen estas fallas o anticiparse a ellas. Este inconveniente llega a ser crítico en el proceso, debido a que los operadores les demanda mucho tiempo poder encontrar cual es la falla que originó el no funcionamiento de una parte del proceso, debido a que ellos hacen un seguimiento de las señales eléctricas (el seguimientos lo hacen mediante los planos

eléctricos de cada tablero de control) que llegan al PLC, que a su vez son probadas una a una hasta encontrar la falla o posibles fallas.

En el año 2011, la planta presentó un imprevisto relacionado con la automatización implementada. Durante una jornada laboral, la planta tuvo una parada no programada debido a que uno de los módulos de entradas digitales del PLC Siemens Simatic S5 del área de Secado se quemó repentinamente, el cual para la fecha se encuentra discontinuado y con una disminución paulatina de repuestos dentro del mercado de la automatización hasta entrar en obsolescencia al día de hoy, es por ello, que la demora en conseguir su reemplazo influyó negativamente en el proceso en curso, ya que muchos de los insumos y ladrillos en preparación tuvieron que ser desechados.

Luego de ser superado éste imprevisto, la planta siguió operando normalmente hasta mediados del año 2012, cuando nuevamente ocurrió otra parada no programada ocasionada esta vez por el PLC Siemens Simatic S5 que se encarga de controlar parte de la etapa de cocción, falló de manera intempestiva, debido a problemas de Hardware del controlador ocasionando una vez más pérdidas económicas para la empresa.

Es en tal sentido, el presente trabajo de investigación se delimita hacia la disminución de paradas no programadas debido a fallas de hardware en los controladores que se encargan de gobernar las etapas de proceso de fabricación de ladrillo en la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C..

### **II.1.1. Fundamento Teórico.**

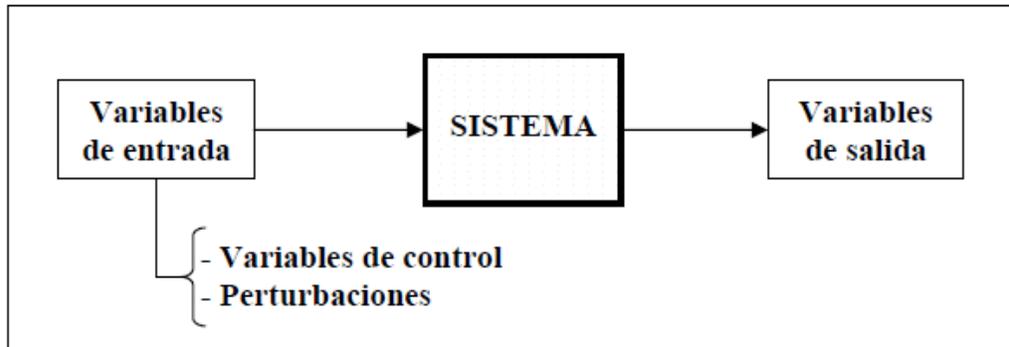
#### **II.1.1.1. Sistemas de control:**

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna), como podemos observar en la Figura 1.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.

- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementarle y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.



**Figura 1**

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- **Sensores:** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- **Controlador:** Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- **Actuador:** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

## **II.2. Tipos de control:**

La estrategia de control hace referencia a la naturaleza y la dirección de los lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control.

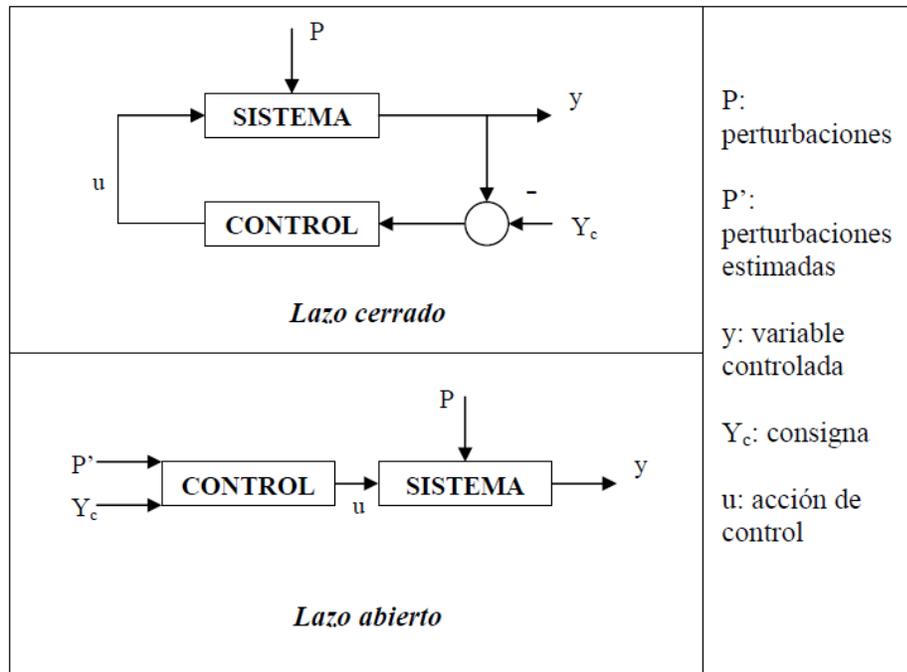
Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la información utilizada para calcular la acción de control del sistema, lazo abierto y lazo cerrado.

### **II.2.1. Lazo Abierto:**

La acción de control se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. Esta estrategia de control puede compensar los retrasos inherentes del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones. Por ello, es común la asociación de lazo cerrado-lazo abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores generados por el lazo abierto, Figura 2.

### **II.2.2. Lazo Cerrado:**

La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.



**Figura 2**

### II.3. Estrategias de Control:

Son estructuras utilizadas en situaciones en las que el control realimentado no resulta satisfactorio, combinándose con el bucle de realimentación (no lo sustituyen). Estas pueden ser:

#### II.3.1. Control de Relación (Ratio):

##### Objetivo:

Es un caso particular de control anticipativo, ampliamente utilizado en la industria de procesos para mantener la relación entre dos variables a un valor predeterminado.

##### Aplicaciones:

- Normalmente las variables son caudales.

- Mezcla de dos corrientes de distinta composición, para conseguir una mezcla de composición determinada.
- Relación aire/combustible en el control de la combustión en un horno o caldera.

### **II.3.2. Control Selectivo:**

- Tiene como objetivo mantener bajo control (entendido como conseguir que no se superen determinados límites) varias variables de proceso manipulando una sola variable.
- Varios objetivos de control asociados a un proceso no pueden satisfacerse simultáneamente
- No es posible eliminar la desviación en todas ellas a cambios en la carga o en el punto de consigna.
- Es necesaria alguna estrategia en que las variables controladas puedan compartir variables manipuladas.

### **II.3.3. Control Override:**

- Tiene como objetivo la protección para que ciertas variables de interés no superen determinados límites (restricciones).
- Estrategia para procesos en que varios reguladores con objetivos diferentes comparten un mismo actuador.
- Mayor nº de variables controladas que manipuladas.
- La variable manipulada disponible se usa para controlar la variable de mayor interés.
- Permite cambiar de variable controlada on-line: Varios objetivos de control asociados a un proceso no pueden satisfacerse simultáneamente.

### II.3.4. Control anticipativo:

- Se utiliza cuando las perturbaciones significativas afectan más directamente a la variable de salida que se desea controlar.
- Este tipo de perturbaciones se denominan **perturbaciones a la salida o de carga**.
- Utiliza la medida de la propia perturbación (o de una variable auxiliar de la que infiere su valor) para actuar antes de que la perturbación se propague a la salida.
- Un caso particular es el control de proporción o de relación.

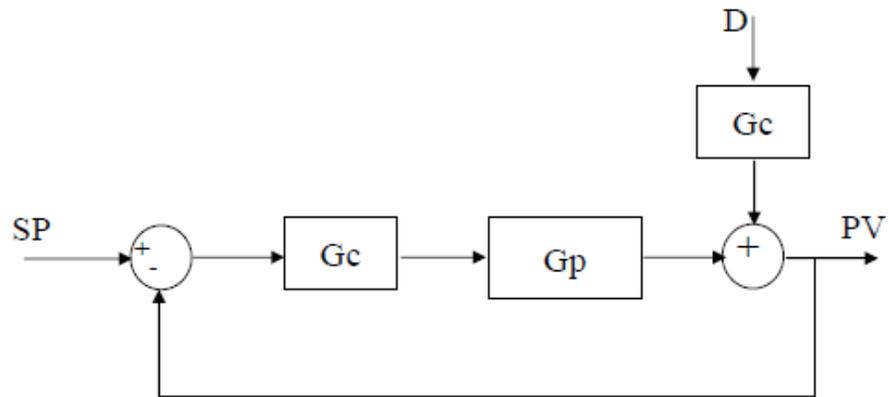
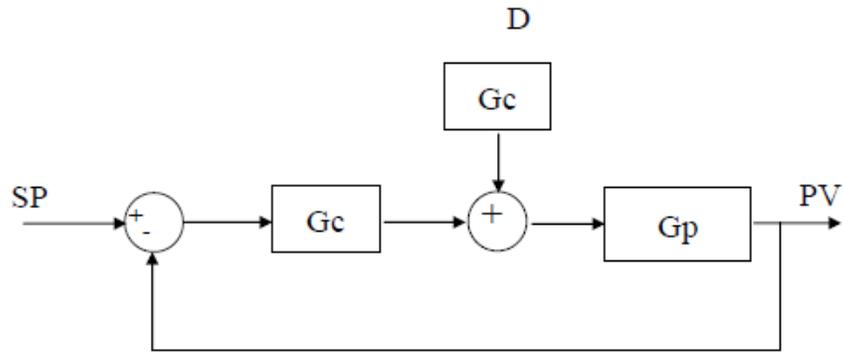


Figura 3

### II.3.5. Control en Cascada:

- Se utiliza cuando las perturbaciones afectan directamente a la variable manipulada (en la mayoría de los casos será un caudal de materia o flujo de energía).
- Este tipo de perturbaciones se denominan **perturbaciones a la entrada**.
- Utiliza la medida de variables internas (auxiliares) para detectar rápidamente el efecto de las perturbaciones e iniciar antes la acción correctora.
- Se realiza mediante bucles de realimentación anidados.



**Figura 4**

#### **II.4. Controlador Lógico Programable:**

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

Estos dispositivos operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

##### **II.4.1. Elementos de un PLC:**

###### **II.4.1.1. Unidad Central de proceso:**

Es el “cerebro” del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

#### II.4.1.2. **Módulos de entrada y módulos de salida:**

Son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso.

#### II.4.1.3. **Fuente de alimentación:**

Convierte altos voltajes de corriente de línea (115V, 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

#### II.4.1.4. **Dispositivos periféricos.**

Permite actuar con el entorno del proceso

#### II.4.1.5. **Interfaces.**

Actúa con los usuarios adecuando la información para ser procesada.

#### II.4.2. **Modo de Funcionamiento:**

- El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado y se da de la siguiente forma:
- El sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo.
- El CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida.
- A continuación el CPU lee el estado de las entradas en los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas.
- El CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta operaciones indicadas en el programa.
- Al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes.

#### II.4.3. **Ventajas de usar un PLC:**

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

- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.

#### **II.4.4. Criterios Para Seleccionar un PLC:**

- Precio de acuerdo a su función (barato – caro, inseguro – seguro, desprotegido – protegido, austero – completo).
- Cantidad de entradas / salidas, y si estas son analógicas o digitales y sus rangos de operación.
- Cantidad de programas que puede manejar.
- Cantidad de programas que puede ejecutar al mismo tiempo (multitarea).
- Cantidad de contadores, temporizadores, banderas y registros.
- Lenguajes de programación.
- Software especializado para cada modelo de PLC y su facilidad de manejo.
- Software para programación desde la PC y necesidad de tarjeta de interface.
- Capacidad de realizar conexión en red de varios PLC.
- Respaldo de la compañía fabricante del PLC en nuestra localidad.
- Servicio y refacciones.
- Capacitación profesional sobre el sistema de control.
- Literatura en nuestro idioma.

#### **II.5. Protocolos de Comunicación Industriales:**

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando. Con el objeto de familiarizar a los lectores, expondremos sus principales características y fundamentos de los más utilizados. En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e

intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

Un importante número de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación Industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso.

La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones.
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo.
- Diagnóstico remoto de componentes.

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

Nos referiremos a los protocolos de comunicación más usados en la industria. Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo.

### **II.5.1. Bus de campo:**

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos decampo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4 -20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores. Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal.

Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

#### **II.5.1.1. HART**

El protocolo HART (High way-Addressable-Remote-Transducer) agrupa la información digital sobre la señal analógica típica de 4 a20 mA DC. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz, que representan los dígitos 1 y 0 respectivamente y que en conjunto forman una onda sinusoidal que se superpone al lazo de corriente de 4-20 mA, ver en la Figura 5:

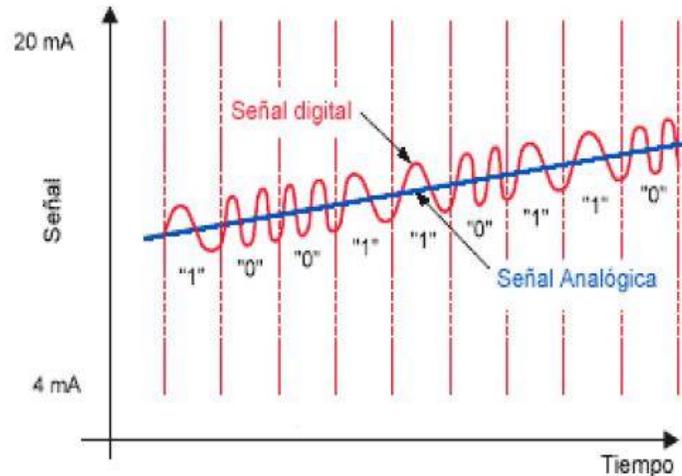


Figura 5

Como la señal promedio de una onda sinusoidal es cero, no se añade ninguna componente DC a la señal analógica de 4-20 mA., lo que permite continuar utilizando la variación analógica para el control del proceso. Ver Características en Tabla 1

#### II.5.1.2. PROFIBUS:

(Process Field Bus) Norma internacional de bus de campo de alta velocidad para control de procesos normalizada en Europa por EN 50170. Existen tres perfiles:

- **Profibus DP** (Decentralized Periphery). Orientado a
- sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCs) o terminales.
- **Profibus PA** (Process Automation). Para control de proceso, cumple normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).

- **Profibus FMS** (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. Ver Características en **Tabla 1**

#### **II.5.1.3. FOUNDATION FIELDBUS:**

Foundation Fieldbus (FF) es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus Field bus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite.

Otros protocolos ampliamente usados aunque de menor alcance son:

#### **II.5.1.4. MODBUS.**

Modbus es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos(SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas(RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. La Interfaces de Capa Física puede estar configurada en:: RS-232, RS-422, RS-485. Ver características en tabla 1

En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión:

- Modo RTU
- Modo ASCII

#### **II.5.1.5. DEVICENET.**

Red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos,

pulsadores, etc y dispositivos de alto nivel (PLC, controladores, computadores, HMI, entre otros). Provee información adicional sobre el estado de la red, cuyos datos serán desplegados en la interfaz del usuario. Ver características en **tabla 1**.

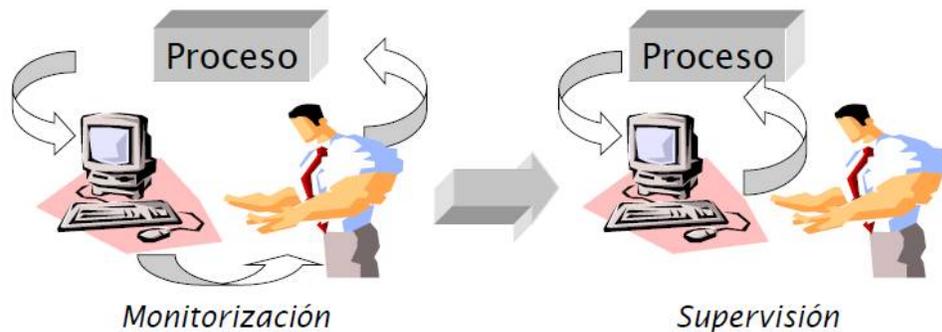
Nombre	Topología	Soporte	Max. dispositivos	Ratetransm. Bps	Distancia max km	Comunicación
<b>Profibus DP</b>	Línea, estrella anillo.	y Par trenzado, fibra óptica	127/segm	Hasta 1.5M y 12M	0.1 segm 24 fibra	Maestro/esclavo De igual a igual.
<b>Profibus PA</b>	Línea, estrella anillo.	y Par trenzado, fibra óptica.	14400/segm	31.5k	0.1 segm 24 fibra	Maestro/esclavo De igual a igual.
<b>Profibus FMS</b>		Par trenzado, fibra óptica.	127/segm	500k		Maestro/esclavo De igual a igual.
<b>Foundation Fieldbus HSE</b>	Estrella.	Par trenzado, fibra óptica.	240 p/segm 32.768 sist.	100M	0.1 par 2 fibra	Unico/multi maestro.
<b>Foundation Fieldbus H1</b>	Estrella bus.	o Par trenzado, fibra óptica.	240 p/segm 32.768 sist.	31.25 k	1.9 cable	Unico/multi maestro.
<b>LonWorks</b>	Bus, anillo, lazo, estrella.	Par trenzado, fibra óptica coaxial, radio.	32768 /dom	500k	2	Maestro/esclavo De igual a igual
<b>Interbus-S</b>	Segmentado.	Par trenzado, fibra óptica.	256 nodos	500k	400 /segm 12.8 total.	Maestro/esclavo
<b>DeviceNet</b>	Troncal/puntual con bifurcación.	Par trenzado, fibra óptica.	2048 nodos	500k	0.5 6 c/repetid	Maestro/esclavo Multimaestro, De igual a igual.
<b>AS-I</b>	Bus, anillo,	Par	31 p/red	167k	0.1, 0.3	Maestro/esclavo

	árbol, estrella.	trenzado.			c/rep	
<b>Modbus RTU</b>	Línea, estrella, árbol, red de segmentos.	Par trenzado, coaxial, radio.	250 p/segm	1.2 a 115.2 k	0.35	Maestro/esclavo
<b>Ethernet Industrial</b>	Bus, estrella, malla-cadena.	Coaxial, par trenzado, fibra óptica.	400 p/segm	10, 100M	0.1 100 mono c/switch	Maestro/esclavo De igual a igual.
<b>HART</b>		Par trenzado.	15 p/segm	1.2k		Maestro/esclavo

**Tabla 1**

## II.6. Sistemas de Supervisión y Monitorización

La supervisión es un conjunto de acciones desempeñadas con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del proceso incluso en situaciones anómalas, con la finalidad de facilitar la tarea del operario encargado de la vigilancia del proceso y su seguimiento.



**Figura 6**

Inicialmente la supervisión se realizaba mediante lámparas y displays para la visualización, y mediante accionamientos como interruptores, pulsadores, conmutadores, etc.

En la década de los 80, se realizaba mediante tarjetas inteligentes ubicada en el bus de los PLCs, con lo que se podían realizar algunas funciones como:

- Controlar de forma autónoma un monitor y un teclado.
- Intercambiar datos con la CPU del PLC por el bus de datos.
- Ofrecían herramientas sencillas de configuración y programación.

En la actualidad, la función de supervisión y monitorización se realiza a través de interfaces HMI(Figura 7), que pueden ser:

A. Interfaces de Operador (OP's):

- De fácil programación
- Robustos
- Funciones de comunicación con el dispositivo de control.

B. Mediante ordenadores y SCADAS:

- PC industrial o de sobremesa.
- SCADA: Aplicación software diseñada para funcionar en ordenadores de control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de control supervisando el proceso desde la pantalla del ordenador.
- Ofrece herramientas “sencillas” de configuración para la aplicación.
- Las prestaciones muy variadas (número de variables, plataforma, S.O....)
- Comunicación a través de una amplia gama de buses y redes



**Figura 7**

## **II.6.1. Etapas de la Supervisión:**

### **II.6.1.1. Detección de fallos:**

Consiste en obtener indicios de situaciones anómalas que puedan llevar al proceso a una situación de fallo y clasificarlas como tales.

### **II.6.1.2. Diagnóstico de fallos:**

Consiste en averiguar las causas primeras de esta situación anómala.

### **II.6.1.3. Reconfiguración del sistema:**

Consiste en realizar acciones para mantener el proceso operativo

## **II.6.2. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition):**

Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

### **II.6.2.1. Funcionalidades Básicas de un Sistema SCADA:**

- Adquisición y almacenado de datos
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas.
- Control, actuando sobre autómatas y reguladores autónomos.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.

### **II.6.2.2. Sistemas de Monitorización:**

Sistemas para la automatización del proceso de vigilancia dotando al operario de los mecanismos necesarios para su alerta, así como la interacción amigable con el proceso y el registro de su evolución (históricos).

### **II.6.2.3. Funcionalidades Básicas de un Sistema de Monitorización:**

- Adquisición y Registro de datos
- Representación del Proceso:
  - Creación de Sinópticos
  - Representación de Alarmas
  - Gráficas y Tendencias
  - Históricos y Bases de Datos
- Dispositivos de Adquisición de Datos
- Tarjetas de adquisición de datos (TAD) y Tarjetas de instrumentación
- Buses de instrumentación.
- Instrumentos de panel: reguladores autónomos, visualizadores, etc.
- Autómata programable: PLC (Programable Logic Controller)
- Ordenadores industriales: IPC (Industrial Personal Computer)
- Placas de expansión de bus
- Buses de campo
- Sistemas de control distribuido: DCS (Distributed Control Systems)
- Redes de comunicación: inter conectividad entre redes.

## **II.7. Formato del Problema Científico.**

¿Cómo se puede disminuir las paradas no programadas por fallas de Hardware de automatización en la empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.?

## **II.8. Objetivo**

### **II.8.1. Objetivo General.**

- Disminuir las paradas no programadas por fallas de hardware de automatización en la empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.

### **II.8.2. Objetivo Específico.**

- Determinar los equipos críticos en el proceso de fabricación de ladrillos.
- Seleccionar los instrumentos.
- Seleccionar el software SCADA para supervisar el proceso.

## **II.9. Hipótesis.**

La automatización y supervisión de la ladrillera sagitario S.A.C. permitirá reducir las paradas no programadas debido a fallas en hardware.

## **II.10. Variables.**

### **II.10.1. Variable Independiente.**

Automatización y supervisión.

### **II.10.2 Variable Dependiente.**

Paradas no programadas.

### II.10.3. Matriz de las variables

<b>Variable independiente:</b>	<b>Definición</b>	<b>Operacionalización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Automatización y Supervisión.</b>	<b>Dotar autonomía a un proceso productivo.</b>	<b>Realizar acciones en forma automática y obtener los valores del proceso en forma inmediata.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Numero de instrumentos y equipos de control.</li> <li>– Numero de variables a supervisar.</li> <li>– Lazos de control.</li> </ul>	<b>Plano de Instrumentación P&amp;ID</b>

<b>Variable dependiente:</b>	<b>Definición</b>	<b>Operacionalización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Paradas no programadas</b>	<b>Parar un proceso en forma inesperada.</b>	<b>Parar el proceso de fabricación de ladrillos en forma inesperada.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Volumen de producción diaria..</li> <li>–Número de paradas no programadas</li> <li>·</li> <li>–Identificación de fallas.</li> </ul>	<b>Reporte de producción.</b>  <b>Reporte de mantenimiento mensual.</b>  <b>Reporte de mantenimiento mensual.</b>

### II.11. Instrumentos de recolección de Datos.

**II.11.1.** Extracto de la entrevista realizada al Ing. José Castro Riveros, para determinar el número de PLCs a migrar.

**II.11.2.** ¿Han tenido paradas de planta no programadas a causa de los PLCs?

*Rpta. Sí. En el año 2013 tuvimos la primera parada de planta no programada, debido a que en el mes de junio se quemó un módulo de entradas digitales del PLC que controla el área de Secado. Conseguir este módulo fue toda una odisea, ya que en el Perú no había el repuesto. Tuvimos que esperar una semana para poder conseguir el módulo, el cual fue comprado e importado desde Estados Unidos. Durante todo ese tiempo tuvimos que realizar el secado de los ladrillos a través de la Línea 2, es decir secado a la interperie.*

*A partir de ese entonces, se han presentado 8 paradas de manera intempestiva en el entre los meses de agosto del 2013 y setiembre del 2014 a causa de los PLCs Simatic S5 que tenemos en planta. Durante ese periodo el PLC del área de secado, el PLC de movimiento de vagones, el de entrada al pre-horno, salida de pre-horno y entrada al horno, empezaron a dejar de ejecutar la secuencia de trabajo sin explicación alguna, inclusive estando éstos en RUN.*

*Para poder salir del apuro, lo que hacíamos era apagar el tablero, desmontar el PLC con sus módulos, limpiarlos, volverlos a colocar y “esperar a que ojalá funcione”. Este tipo de inconvenientes eran muy variantes, ya que han habido meses en los que los PLCs funcionaban con normalidad y otros meses en los que se paraban una o dos veces al mes, lo cual descuadraba todo el proceso.*

*La última parada que tuvimos fue a mediados de setiembre, pero ésta vez ya sucedió con el PLC que se encarga de controlar de lo que nosotros le llamamos Línea 1. El PLC S7-200, el cual gobierna las etapas de molienda, preparación de la masa cerámica, y de formación del ladrillo; se paró y se fue a Stop de un momento a otro, lo que hicimos para ese entonces fue llamar de emergencia a Din Automatización para que pueda enviar algún personal de la empresa para que solucione el problema. Lo que el ingeniero hizo fue simplemente pasar de Stop a Run el PLC y éste funcionó nuevamente, lo que si nos recomendó fue migrar el PLC, ya que la falla que se presentó fue probablemente por fallas internas de hardware de los equipos, mas no de software, ya que él realizó previamente el backup del programa y revisó si algún bloque dentro de la programación había originado la detención del PLC.*

### **II.11.3. Lista de Hardware de los PLCs a Migrar.**

a. Lista de hardware existente del área de Línea 1.

Tabla 2. Lista de hardware Línea 1

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S7-200. Modelo 224XP.	6ES7-2142BD230XB
02	Módulo de entradas y salidas digitales de 8 canales.	6ES72231PH220XA0
01	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES72231BL220XA0
01	Módulo de entradas digitales de 16 canales.	6ES72211BH220XA0

Fuente: Elaboración propia

b. Lista de hardware existente del área de Secado.

Tabla 3. Lista de hardware Secado.

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S5. Modelo S5-95U.	6ES5 095-8MA03
02	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES5 482-8MA13
06	Módulo de entradas digitales de 8 canales.	6ES5 421-8MA12

Fuente: Elaboración propia

c. Lista de hardware existente del área de Movimiento de vagones.

Tabla 4. Lista de hardware Movimiento de vagones.

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S5. ModeloS5-100U.	6ES5 103-8MA03
02	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES5 482-8MA13
03	Módulo de entradas digitales de 8 canales.	6ES5 421-8MA12

Fuente: Elaboración propia

- d. Lista de hardware existente para el transporte de vagones a la entrada del pre – Horno (Movimiento TRE).

Tabla 5. Lista de hardware Movimiento TRE.

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S5. ModeloS5-100U.	6ES5 103-8MA03
03	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES5 482-8MA13
05	Módulo de entradas digitales de 8 canales.	6ES5 421-8MA12

Fuente: Elaboración propia

- e. Lista de hardware existente para el transporte de vagones a la salida del pre – Horno (Movimiento TRU).

Tabla 6. Lista de hardware Movimiento TRU.

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S5. ModeloS5-100U.	6ES5 103-8MA03
03	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES5 482-8MA13
05	Módulo de entradas digitales de 8 canales.	6ES5 421-8MA12

Fuente: Elaboración propia

- f. Lista de hardware existente para el transporte de vagones a la entrada del Horno.

Tabla 7. Lista de hardware Horno.

Cantidad	Equipo	Código
01	CPU S5. Modelo S5-100U.	6ES5 103-8MA03
02	Módulo de entradas y salidas digitales de 16 canales.	6ES5 482-8MA13
05	Módulo de entradas digitales de 8 canales.	6ES5 421-8MA12

Fuente: Elaboración propia

#### II.11.4. Documentación de los programas de ingeniería de cada uno de los PLCs a migrar.

- a. Programa de ingeniería del área de Línea 1.

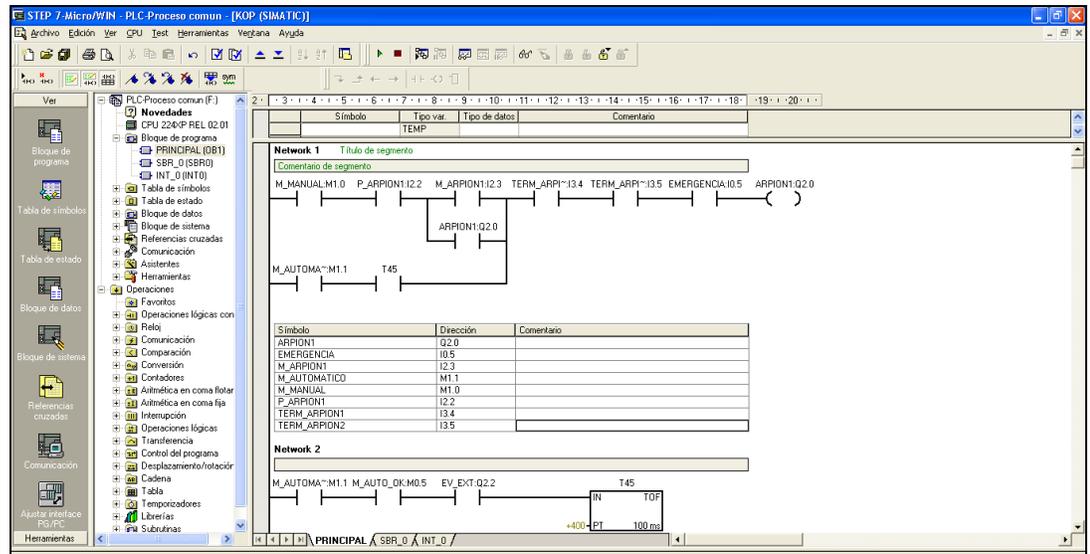


Figura 8. Programa de ingeniería del área de Línea 1, desarrollado en el software de programación Micro Win y cuya extensión es “.mwp”.

b. Programa de ingeniería del área de Secado.

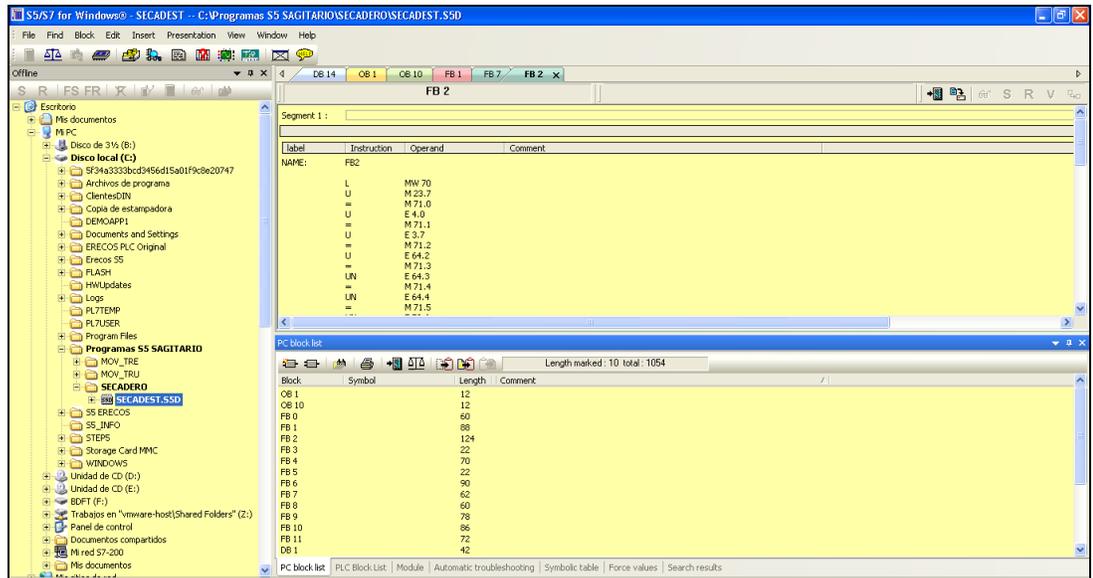


Figura 9. Programa de ingeniería del área de Secado, desarrollado en el software de programación Step 5 y cuya extensión es “.S5D”.

c. Programa de ingeniería del área de Movimiento de vagones.

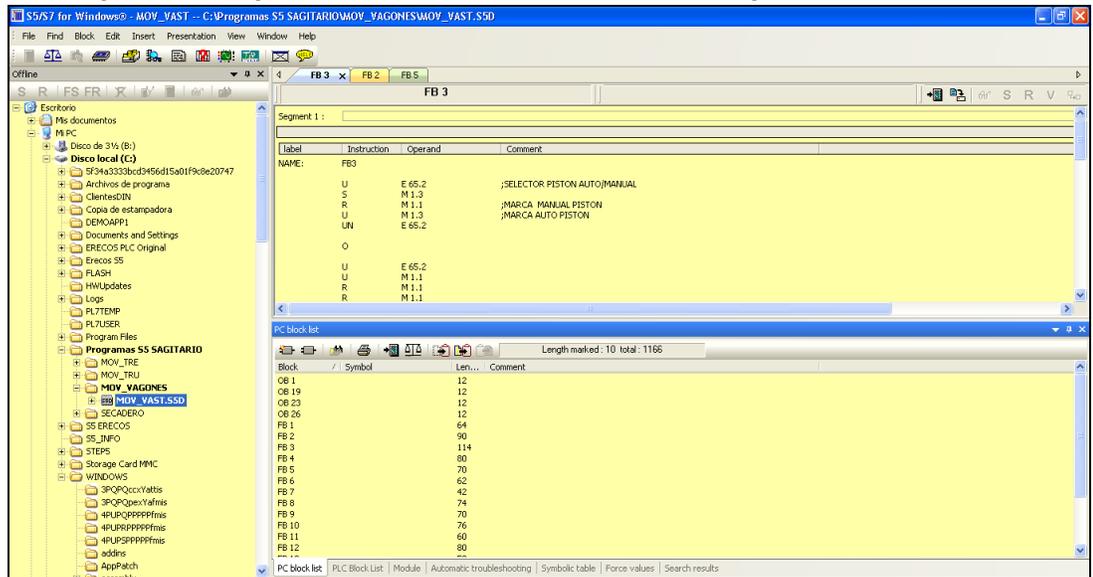


Figura 10. Programa de ingeniería del área de Movimiento de vagones, desarrollado en el software de programación Step 5 y cuya extensión es “.S5D”.

d. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la entrada del pre – Horno (Movimiento TRE).

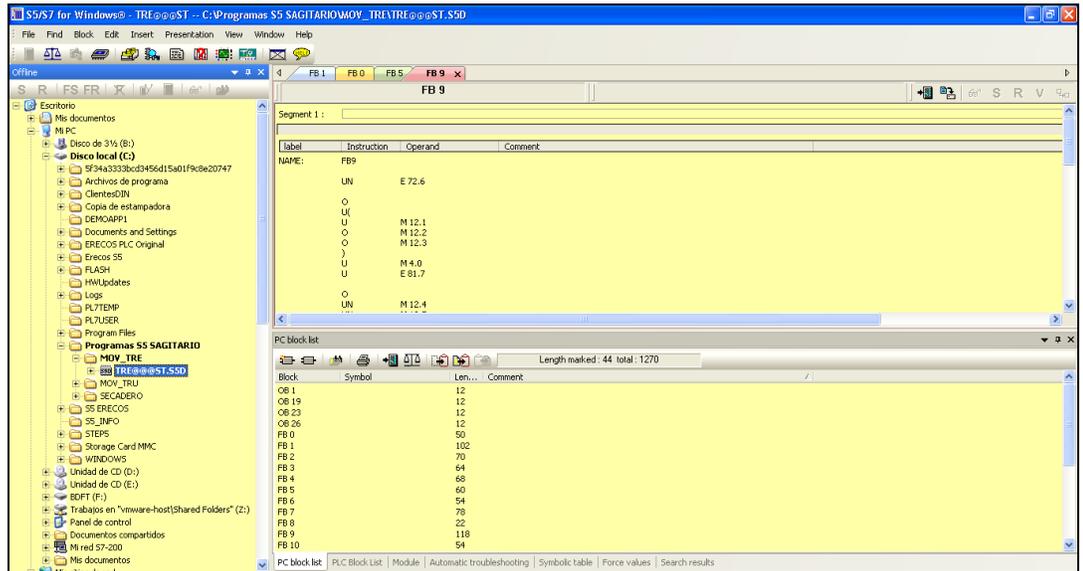


Figura 11. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la entrada del Pre-Horno, desarrollado en Step 5 y cuya extensión es “.S5D”.

e. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la salida del pre – Horno (Movimiento TRU).

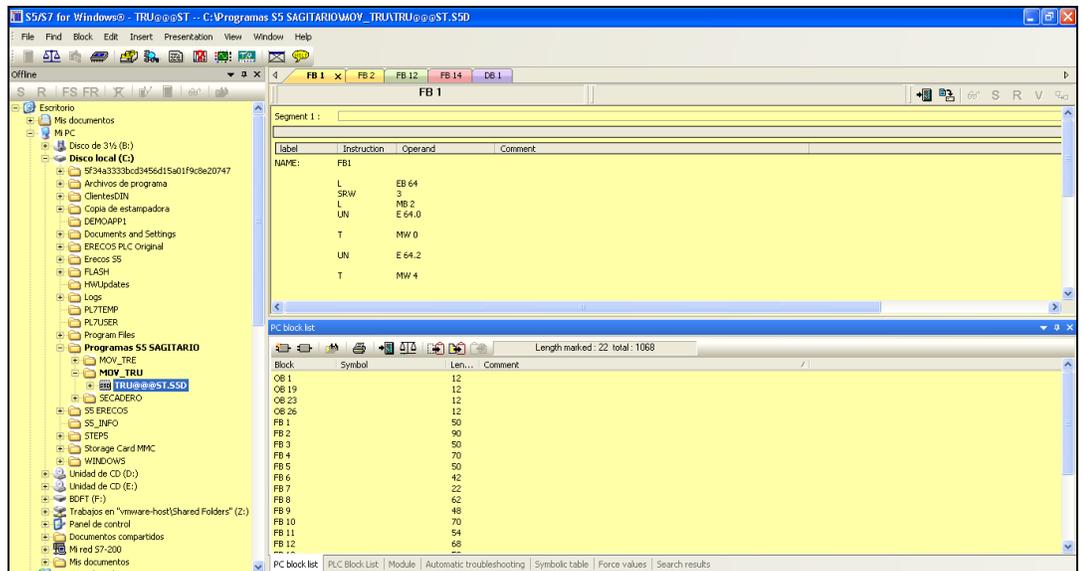


Figura 12. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la salida del Pre-Horno, desarrollado en Step 5 y cuya extensión es “.S5D”.

f. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la entrada del Horno.

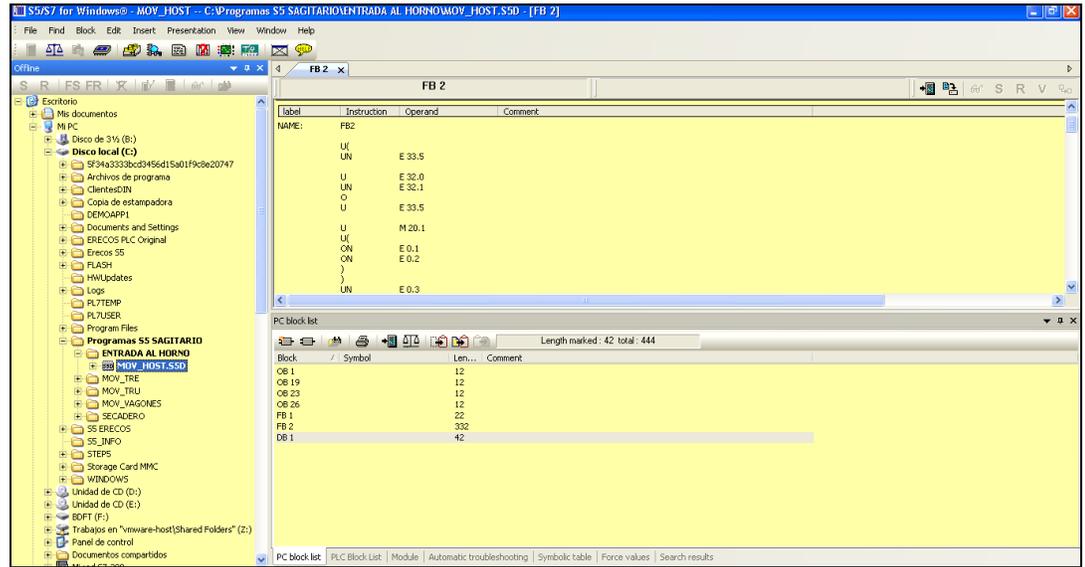


Figura 13. Programa de ingeniería para el transporte de vagones a la entrada del Horno, desarrollado en Step 5 y cuya extensión es “.S5D”.

## II.11.5. Lista de variables de los PLCs a intercambiar data con el SCADA

a. Lista de variables del área de Línea 1.

Tabla 8. Variables Línea 1.

Dirección	Variable
10.0	Presión de aceite extrusora
10.1	Presión de aceite alim. extrusora
10.2	Presión de aire extrusora
10.3	Presión de aire alim. extrusora
10.4	Hongo zona de corte y PLC secadero
10.5	Hongo de emergencia
10.6	Cámara de vacióllena
10.7	Controlador de corriente extrusora

I1.0	Contactador triángulo extrusora
I1.1	Contactador triángulo alim. Extrusora
I1.2	Contactador triángulo bomba de vacío
I1.3	Térmicos de tablero
I1.4	Reserva
I1.5	Reserva
I1.6	Reserva
I1.7	Reserva
I2.0	Selector manual
I2.1	Selector automático
I2.2	Pulsador de parada arpon 1
I2.3	Pulsador de marcha arpon 1
I2.4	Pulsador de parada de arpon 2
I2.5	Pulsador de marcha de arpon 2
I2.6	Pulsador de parada de electroválvula ext.
I2.7	Pulsador de marcha de electroválvula ext.
I3.0	Pulsador de parada de electroválvula alim.
I3.1	Pulsador de marcha de electroválvula alim.
I3.2	Selector de exclusión alimentador ext.
I3.3	Selector de exclusión de fajas
I3.4	Térmico arpon 1
I3.5	Térmico arpon 2
I3.6	Térmico electroválvula extrusora
I3.7	Térmico electroválvula alim. Extrusora
I4.0	Pulsador de marcha cajón alimentador

14.1	Pulsadorparadacajónalimentador
14.2	Pulsadormarcha faja1
14.3	Pulsadorparada faja1
14.4	Pulsadormarcha faja2
14.5	Pulsadorparadafaja 2
14.6	Pulsadormarchafaja 3
14.7	Pulsadorparadafaja 3
15.0	Pulsadormarchavaivén
15.1	Pulsadorparadavaivén
15.2	Pulsadormarchacapacho
15.3	Pulsadorparadacapacho
15.4	Selector de exclusión vaivén capacho
15.5	Selector amasadora
15.6	Selector de opciónarpiones
15.7	Reserva
16.0	Reserva
16.1	Reserva
16.2	Reserva
16.3	Reserva
16.4	Reserva
16.5	Reserva
16.6	Reserva
16.7	Reserva
17.0	Térmico Vaivén
17.1	Térmico cajón alimentador

I7.2	Térmico capacho
I7.3	Térmico faja 1
I7.4	Térmico faja 2
I7.5	Térmico faja 3
I7.6	Térmico laminador rápido, lento y amasadora
I7.7	Triángulo laminador rápido, lento y amasadora
Q0.0	Reserva
Q0.1	Reserva
Q0.2	Reserva
Q0.3	Reserva
Q0.4	Reserva
Q0.5	Reserva
Q0.6	Reserva
Q0.7	Reserva
Q1.0	Reserva
Q1.1	Reserva
Q1.2	Reserva
Q1.3	Reserva
Q1.4	Reserva
Q1.5	Reserva
Q1.6	Reserva
Q1.7	Reserva
Q2.0	Arpion 1
Q2.1	Arpion 2
Q2.2	Electroválvula extrusora

Q2.3	Electroválvula alim. Extrusora
Q2.4	Reserva
Q2.5	Sirena cámara de vacío
Q2.6	Alarma térmicos y emergencias
Q2.7	Lámpara de térmicos activadas
Q3.0	Vaivén
Q3.1	Cajón alimentador
Q3.2	Capacho
Q3.3	Faja 1
Q3.4	Faja 2
Q3.5	Faja 3
Q3.6	Electroválvula amasadora
Q3.7	Pistones para laminadores

Fuente: Elaboración propia

b. Lista de variables del área de Secado.

Tabla 9. Variables del área de Secado.

Dirección	Variable
I2.0	Sensor corte cortafilon
I2.1	Sensor corte cortadora
I2.2	Sensor mesa 1
I2.3	Sensor desviador 1
I2.4	Sensor mesa 2
I2.5	FC. Taparelli
I2.6	FC. Ascensor
I2.7	Reserva

I3.0	Desviador 3U
I3.1	Cadena 4U
I3.2	Cadena 5U
I3.3	Desviador 4U
I3.4	Cadena 6U
I3.5	Cadena 7U
I3.6	Fajatendal
I3.7	Alarmaalambrecortadora
I4.0	Alarmaalambrecortafilon
I4.1	Reserva
I4.2	Reserva
I4.3	Reserva
I4.4	Reserva
I4.5	Reserva
I4.6	Reserva
I4.7	Reserva
I5.0	Reserva
I5.1	Reserva
I5.2	Reserva
I5.3	Reserva
I5.4	Reserva
I5.5	Reserva
I5.6	Reserva
I5.7	Reserva
I6.0	PS. Levant. Desviador 1

I6.1	PS. Correas desviador 1
I6.2	PS. Correas desviador 2
I6.3	PS. Levant. Desviador 2
I6.4	PS. Rodillos desviador 2
I6.5	PS. Mesa
I6.6	PS. Taparelli
I6.7	PS. Levant. Puerta ascensor
I7.0	PS. Sube ascensor
I7.1	PS. Baja ascensor
I7.2	PS. Rodillos ascensor
I7.3	PS. Rodillos secadero
I7.4	PS. Fajadesechos 1,2,3
I7.5	Reserva
I7.6	PS. Fajasalida L4
I7.7	PS. Faja desechos salida secadero
I8.0	Encoder
I8.1	Encoder
I8.2	Encoder
I8.3	Encoder
I8.4	Encoder
I8.5	Encoder
I8.6	Encoder
I8.7	Encoder
I9.0	Cadena roto secadero
I9.1	Alarma rodillos salida secadero

I9.2	Térmico línea de corte
I9.3	Térmico línea de entrada
I9.4	Térmico rod. Secadero
I9.5	Térmico línea de salida
I9.6	Térmico desechos
I9.7	Alarma mesa 2
I32.0	Subecortafilon
I32.1	Baja cortafilon
I32.2	Subecortadora
I32.3	Baja cortadora
I32.4	Sensor subdesviador 2
I32.5	Sensor bajadesviador 2
I32.6	Sensor subdesviador 1
I32.7	Sensor bajadesviador 1
I33.0	FC. Subpuertasecadero
I33.1	FC. Baja puertasecadero
I33.2	FC. Subeascensor
I33.3	FC. Baja ascensor
I33.4	Reserva
I33.5	Reserva
I33.6	Sel. MAN/AUTO entrada secadero
I33.7	Sel. MAN/AUTO entrada secadero
I64.0	Emergencia general ent. Secadero
I64.1	Emergencia general sal. Secadero
I64.2	Parada línea de corte

I64.3	Paradalíneadesviador
I64.4	Paradalíneaent. Secadero
I64.5	Paradalíneasal. Secadero
I64.6	Parada fajas sal. Secadero
I64.7	Reserva
I65.0	Sel. Desechoslíneacorte
I65.1	Sel. Mando a la prensa
I65.2	PS. Levantamientocortafilon
I65.3	PS.fajacortafilon
I65.4	PS. Levantamientocortadora
I65.5	PS. Rodilloscortadora
I65.6	PS. Mesa 1
I65.7	PS. Rodillosdesviador 1
I72.0	Sensor sube desv.3U
I72.1	Sensor bajadesv. 3U
I72.2	Sensor sube desv.4U
I72.3	Sensor bajadesv. 4U
I72.4	Sel. MAN/AUTO salida secadero
I72.5	Sel. MAN/AUTO salida secadero
I72.6	Parada línea rod. Sal. Secadero
I72.7	Paradacadenassal. Secadero
I73.0	PS. Rampa
I73.1	PS. Rod. Desviador 4U
I73.2	PS. Rod. Desviador 3U
I73.3	PS. Levantamientocadena 4U

I73.4	PS. Levantamientocadena 6U
I73.5	PS. Cadenas 4U
I73.6	PS. Cadenas 5U
I73.7	PS. Cadenas 6U
Q32.0	Salida a prensa
Q32.1	Cortafilon
Q32.2	Fajacortafilon
Q32.3	Embraguecortafilon
Q32.4	Levatamientocortadora
Q32.5	Rodilloscortadora
Q32.6	Fajadesechos 1,2,3
Q32.7	Reserva
Q33.0	Mesa1
Q33.1	Levatamientodesviador 2
Q33.2	Rodillos desviador 2
Q33.3	Rodillos desviador 1
Q33.4	Levatamiento desviador 1
Q33.5	Correas desviador 1
Q33.6	Mesa 2 lento
Q33.7	Mesa 2 rápido
Q64.0	Taparelli
Q64.1	Puerta ascensor
Q64.2	Sube ascensor
Q64.3	Baja ascensor
Q64.4	Rodillos ascensor

Q64.5	1er tramo secadero
Q64.6	2do tramo secadero
Q64.7	3er tramo secadero
Q65.0	4tramo secadero
Q65.1	Correas desviador 1
Q65.2	Rodillos sal. Ascensor nivel bajo
Q65.3	Rodillos sal. Ascensor nivel alto
Q65.4	Inversión desviador 3U
Q65.5	Inversión rodillos 3U
Q65.6	Faja tendal
Q65.7	Cadenas 6U
Q72.0	Rampa
Q72.1	Rodillos desviador 3U
Q72.2	Levatamiento cadenas 4U
Q72.3	Rodillos desviador 4U
Q72.4	Faja desechos salida secadero
Q72.5	Faja salida L5
Q72.6	Faja salida L4
Q72.7	Cadenas 4U
Q73.0	Lámpara manual secadero
Q73.1	Lámpara automático secadero
Q73.2	Lámpara manual sal. Secadero
Q73.3	Lámpara automático sal. Secadero
Q73.4	Lámpara térmicos ent. Secadero
Q73.5	Lámpara térmica sal. Secadero

Q73.6	Sirena acústica
Q73.7	Rotoalarma

Fuente: Elaboración propia

c. Lista de variables del área de Cocción (Horno).

Tabla 10. Variables del área de Cocción.

Dirección	Variable
Q0.0	Reserva
Q0.1	Electroválvula zona 1
Q0.2	Alarma temperatura alta zona 1
Q0.3	Alarma temperatura baja zona 1
Q0.4	Electroválvula zona 2
Q0.5	Alarma temperatura alta zona 2
Q0.6	Alarma temperatura baja zona 2
Q0.7	Electroválvula zona 3
Q1.0	Alarma temperatura alta zona 3
Q1.1	Alarma temperatura baja zona 3
Q1.2	Electroválvula zona 4
Q1.3	Alarma temperatura alta zona 4
Q1.4	Alarma temperatura baja zona 4
Q1.5	Electroválvula zona 5
Q1.6	Alarma temperatura alta zona 5
Q1.7	Alarma temperatura baja zona 5
Q2.0	Electroválvula zona 6
Q2.1	Alarma temperatura alta zona 6
Q2.2	Alarma temperatura baja zona 6

Q2.3	Electroválvula zona 7
Q2.4	Alarma temperatura alta zona 7
Q2.5	Alarma temperatura baja zona 7
Q2.6	Electroválvula zona 8
Q2.7	Alarma temperatura alta zona 8
Q3.0	Alarma temperatura baja zona 8
Q3.1	Electroválvula zona 9
Q3.2	Alarma temperatura alta zona 9
Q3.3	Alarma temperatura baja zona 9
Q3.4	Electroválvula zona 10
Q3.5	Alarma temperatura alta zona 10
Q3.6	Alarma temperatura baja zona 10
Q3.7	Electroválvula zona 11
Q4.0	Alarma temperatura alta zona 11
Q4.1	Alarma temperatura baja zona 11
Q4.2	Electroválvula zona 12
Q4.3	Alarma temperatura alta zona 12
Q4.4	Alarma temperatura baja zona 12
Q4.5	Electroválvula zona 13
Q4.6	Alarma temperatura alta zona 13
Q4.7	Alarma temperatura baja zona 13
Q5.0	Electroválvula zona 14
Q5.1	Alarma temperatura alta zona 14
Q5.2	Alarma temperatura baja zona 14
Q5.3	Reserva

Q5.4	Reserva
Q5.5	Reserva
Q5.6	Reserva
Q5.7	Reserva
Q6.0	Reserva
Q6.1	Reserva
Q6.2	Reserva
Q6.3	Reserva
Q6.4	Reserva
Q6.5	Reserva
Q6.6	Reserva
Q7.7	Reserva
Q7.0	Reserva
Q7.1	Reserva
Q7.2	Reserva
Q7.3	Reserva
Q7.4	Reserva
Q7.5	Reserva
Q7.6	Reserva
Q7.7	Reserva
Q8.0	Reserva
Q8.1	Reserva
Q8.2	Reserva
Q8.3	Reserva
Q8.4	Reserva

Q8.5	Reserva
Q8.6	Reserva
Q8.7	Reserva
Q9.0	Reserva
Q9.1	Reserva
Q9.2	Reserva
Q9.3	Reserva
Q9.4	Reserva
Q9.5	Reserva
Q9.6	Reserva
Q9.7	Reserva
Q10.0	Reserva
Q10.1	Reserva
Q10.2	Reserva
Q10.3	Reserva
Q10.4	Reserva
Q10.5	Reserva
Q10.6	Reserva
Q10.7	Reserva
Q11.0	Reserva
Q11.1	Reserva
Q11.2	Reserva
Q11.3	Reserva
Q11.4	Reserva
Q11.5	Reserva

Q11.6	Reserva
Q11.7	Reserva
PEW 288	Temperatura zona 1
PEW 290	Temperatura zona 2
PEW292	Temperatura zona 3
PEW 294	Temperatura zona 4
PEW 296	Temperatura zona 5
PEW 298	Temperatura zona 6
PEW 300	Reserva
PEW 302	Reserva
PEW 304	Temperatura zona 7
PEW 306	Temperatura zona 8
PEW 308	Temperatura zona 9
PEW 310	Temperatura zona 10
PEW 312	Temperatura zona 11
PEW 314	Temperatura zona 12
PEW 316	Reserva
PEW 318	Reserva
PEW 320	Temperatura zona 13
PEW 322	Temperatura zona 14
PEW 324	Temperatura Jolly 1
PEW 326	Temperatura Jolly 2
PEW 328	Temperatura Jolly 3
PEW 330	Temperatura Jolly 4
PEW 332	Reserva

PEW 334	Reserva
---------	---------

Fuente: Elaboración propia

- II.11.6.** Extracto de la entrevista realizada al Ing. José Castro Riveros, para determinar el número de tags del proceso y estaciones de trabajo.

**¿Qué señales del proceso desearía supervisar y controlar?**

*Rpta. Quisiera tener el monitoreo de los actuadores y sensores del área de Línea 1 y Secado, ya que éstas son señales relevantes para ver si toda la secuencia de Proceso Común está funcionando correctamente. Porque en ésta etapas es donde tenemos nuestros motores principales y es fundamental para nosotros ver que éstos estén operativos siempre, o en el caso de que haya una falla por sobrecorriente, sobretemperatura, etc; identificar de manera inmediata cual fue el motor.*

*Las señales de transporte, forman parte de una secuencia muy independiente de Línea 1, está más ligado a la etapa de cocción, intercambiando señales de confirmación. Pero si depende de que la etapa de secado culmine para que puedan entrar en funcionamiento, ya que lo ladrillos relativamente secos (humedad del 4%) son apilados en cada uno de los vagones, además hay un operario que se encarga de controlar los transportes de vagones para entrada y salida del pre-horno y horno.*

*En el área de cocción, desearía tener la información de todas las termocuplas y transmisores de presión, el estado de los quemadores, ventiladores y demás elementos de campo. Así mismo me gustaría que desde mi oficina yo pueda cargar los valores de temperatura que tengo en mis recetas, tal cual los hacemos desde el panel de operador que se encuentra en el tablero de control de esa área, la cual se encuentra gobernada por un PLCs7-300.*

*También sería bueno que se pueda poner una computadora en taller de mantenimiento, para que así mis operarios puedan controlar y supervisar el proceso, y otra en la sala principal, donde se encuentra mi oficina.*

- II.11.7.** Extracto de la entrevista realizada al Ing. José Castro Riveros, para determinar el tiempo que lleva identificar los estados de los elementos de campo.

**¿Qué otros inconvenientes presentan referente a su sistema Automatizado?**

*Rpta. A parte de las paradas de planta por fallas de los PLCs, tenemos una gran dificultad para poder identificar el estado de los elementos de campo del proceso de línea1, secado y cocción. Tenemos que ir a verificar el encendido de cada uno, porque para nosotros es de vital importancia saber si los motores, sensores, termocuplas, están operativos. Según lo que me comentan los operarios que se dividen el trabajo de inspección, verificar la Línea 1 les toma unos 5 a 8 minutos aproximadamente, para el secado se duplica ese tiempo y en el horno es donde se demoran más, llegan a tardar hasta unos 25 minutos.*

*Este “chequeo” se hace crítico cuando uno de los elementos de campo no funciona debido alguna falla (sobrecorriente, sobretensión, etc.), ya que nosotros tenemos que hacer el seguimiento de todas las señales del elemento de campo en falla que llegan al PLC, para posteriormente ir descartando con ayuda de los planos eléctricos la posible falla o fallas. Realizar ésta tarea extra ya demanda más tiempo, a veces unos 20 a 30 minutos.*

**II.11.8. Reporte de Mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.**

Figura 14. Reporte de Mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.

		<b>INFORME DE MANTENIMIENTO</b>			
MAQUINA/EQUIPO:		MARCA:		CODIGO:	
UBICACIÓN:					
MANTENIMIENTO:	P <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	PROBLEMA	Mecánico <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input type="checkbox"/>
				Otros <input type="checkbox"/>	
CONDICIÓN: CRÍTICA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/>					
FECHA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
Observaciones:					
EJECUTADO POR:		RECIBIDO POR:		FECHA:	

Fuente: Área de Mantenimiento Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C

### III. PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

#### III.1. Determinación de PLC's a migrar.

Con la información obtenida del instrumento 3.2.4.1(Entrevista al ing. José Castro) se determinó que la cantidad de PLC's a migrar son 6. Estos son: El PLC del área de Línea 1, PLC del área de Secado, PLC encargado del movimiento de vagones, PLC del transporte de vagones a la entrada del Pre-Horno, PLC del transporte de vagones a la salida del Pre-Horno y el PLC del transporte de vagones a la entrada del Horno

#### III.2. Migración del Área de Línea 1.

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos del área de Línea 1, se analizó el hardware de la plataforma a migrar según la tabla 2, y se optó por escoger equipos en la nueva plataforma que cumplan con las características de los equipos ya existentes. En la tabla 11 se muestra la selección de equipos.

Tabla 11. Selección de CPU y módulos para el área de Línea 1.

Equipo	Plataforma Inicial (Simatic S7-200)	Nueva Plataforma (Simatic S7-1200)
CPU	224XP AC/DC/RLY Compact CPU, expandable, 12/16 KB RAM for program, 10 KB RAM for data, 100 - 230 V AC supply voltage, 14 DI/10 DO (relay outputs) 2 AI/1 AO integrated  Order N°: 6ES7-2142BD230XB	CPU 1214C DC/DC/DC Memoria de trabajo 75KB; fuente de alimentación 24V DC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x 24V DC y AI2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas.  Order N° :6ES7 214- 1AG31-0XB0
Módulo de entradas y	8 DI 24 V Dc, Sink/Source, 8 DO Relay	DI8 x 24V DC SINK/SOURCE y DQ8 x

salidas digitales	Order N°: 6ES72231PH220XA0	24V DC  Order N°: 6ES7 223-1BH32-0XB0
Módulo de entradas y salidas digitales	8 DI24 V Dc, Sink/Source, 8 DO Relay  Order N°: 6ES72231PH220XA0	DI8 x 24V DC SINK/SOURCE y DQ8 x 24V DC  Order N°: 6ES7 223-1BH32-0XB0
Módulo de entradas y salidas digitales	Simatic S7-200, Digital I/O Em 223, For S7-22x Cpu Only, 16DI 24v Dc, Sink/Source, 16DO 24v DC  Order N°: 6ES72231BL220XA0	DI16 x 24V DC SINK/SOURCE y DQ16 x 24V DC  Order N°: 6ES7 223-1BL32-0XB0
Módulo de entradas digitales	16 inputs, 24 V DC, isolated, source/sink switching  Order N°: 6ES72211BH220XA0	DI16 x 24V DC SINK/SOURCE  Order N° : 6ES7 221-1BH32-0XB0

Fuente: Elaboración propia.

Una vez dimensionado el hardware en la nueva plataforma S7-1200, se procedió a la migración del programa creado en el software Step 7 MicroWin (ver figura 8). Para llevar a cabo ésta migración se hizo uso del software de programación TIA PORTAL V11 SP2, el cual posee una herramienta que migra automáticamente los programas creados en MicroWin. En las figuras 15,16 y 17 se muestra las etapas de migración del programa.

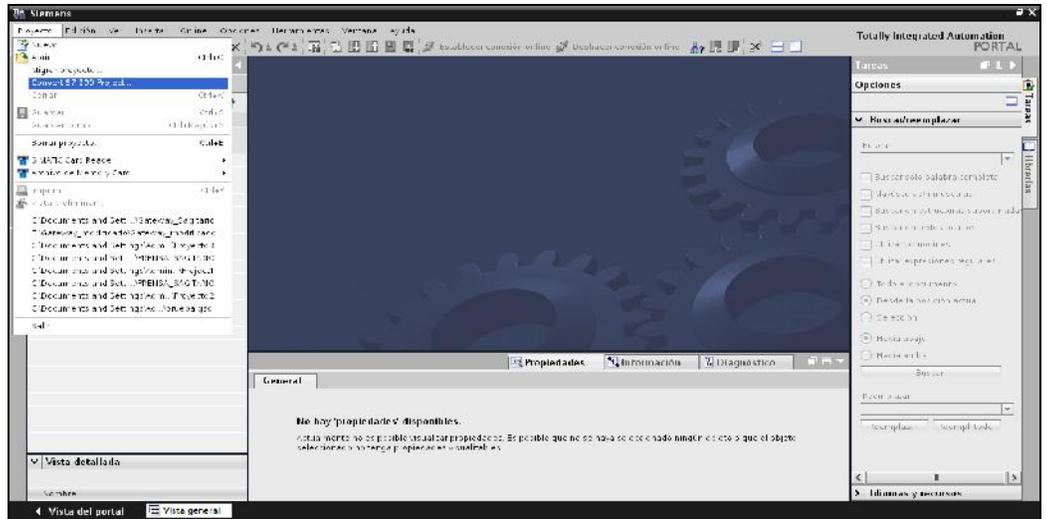


Figura 15. Herramienta de migración en la interface de Tia PortalV11, para convertir proyectos con extensión .mwp a .ap11.

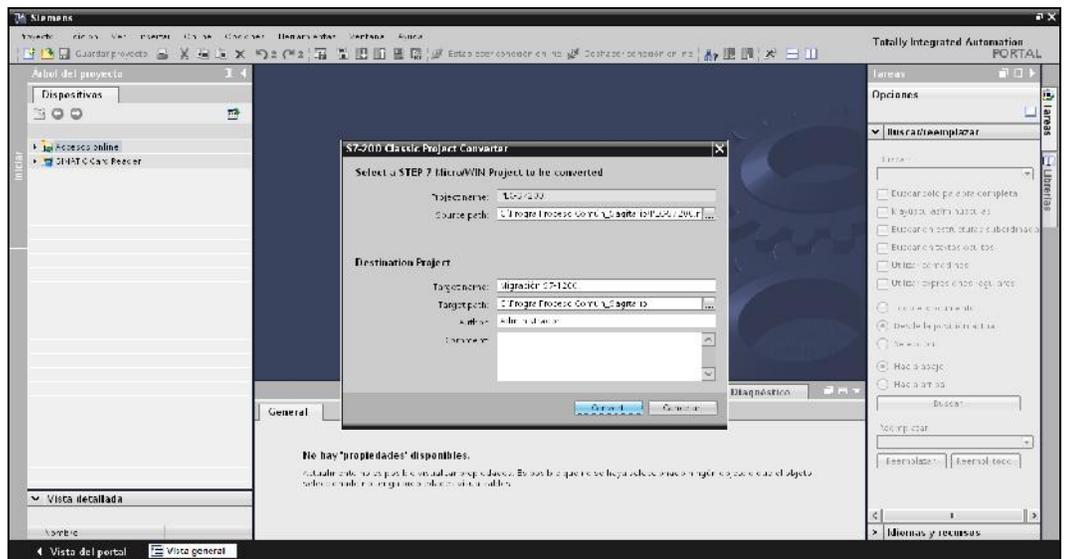


Figura 16. Proceso de conversión del proyecto “PLC S7-200” a la nueva plataformaTia Portal V11.

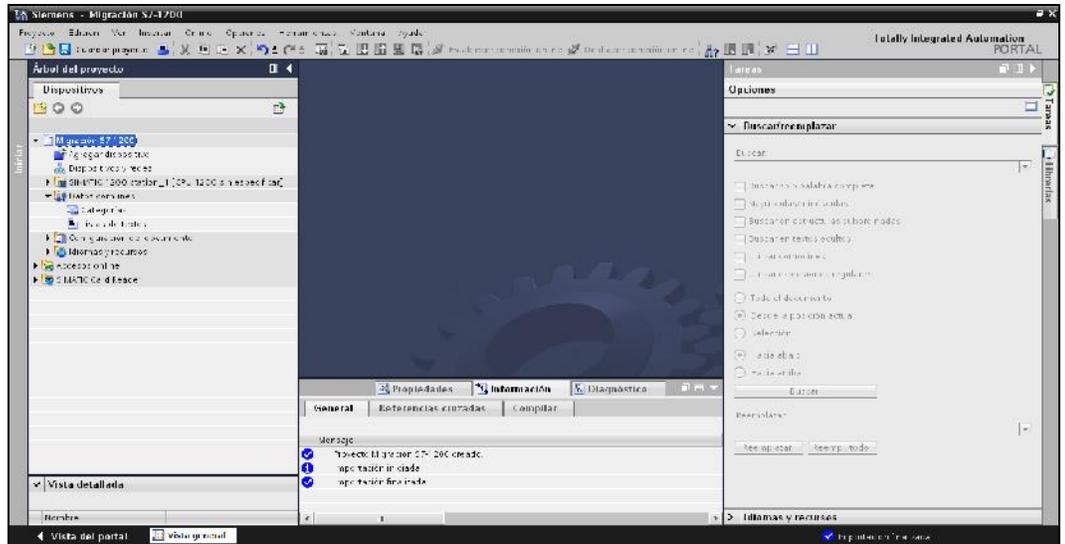


Figura 17. Migración finalizada y creación automática del nuevo proyecto "Migración S7-1200" en la interface Tia Portal V11.

Una vez finalizada la migración del programa, todos los bloques de programación fueron creados automáticamente en el nuevo proyecto denominado "Migración S7-1200.ap11". Posteriormente estos bloques fueron compilados para ver si existía algún error en la programación o si alguna instrucción de la antigua plataforma no presentaba su equivalente en la nueva interface

### III.3. Migración del Área de Secado.

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos del área de Secado, se hizo uso de la tabla 3. En la tabla 12 se muestra la selección de equipos.

Tabla 12. Selección de CPU y módulos para el área de Secado.

Tipo	Plataforma Inicial (Simatic S5)	Nueva Plataforma (Simatic S7-300)
CPU	S5-95U, 16KB de memoria de trabajo; DI/DO 16 24VDC; 2 contadores de frecuencia (5kHz y 2kHz); interface PC,PG,OP, SINEC L1.  Order N°: 6ES5 095-8MA03	Memoria de trabajo 64KB; 0,1ms/1000 instr.; DI16/DO16 integradas; 3 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medición a 3 canales con encoders incrementales 24V (30kHz); conexión MPI+ DP (maestro DP o esclavo DP)  Order N° :6ES7 314-1AG31-0XB0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 323-1BL00-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 323-1BL00-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o	DI8 x 24V DC /0.5A	DI16 x 24V DC /0.5A

salidas digitales	Order N°: 6ES5 421-8MA12	Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 24V+16DO 24V/0.5A Order N°: 6ES7 323-1BL00-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de comunicación para Industrial Ethernet		S7 CP 343-1 para Industrial Ethernet, TCP/IP con interface SEND-RECEIVE Order N°: 6GK7 343-1CX10-0XE0

Fuente: Elaboración propia.

- b.** Ya con el hardware dimensionado, se procedió a realizar la migración del programa inicial en S5 (ver figura 9) a la nueva plataforma S7, para lo cual se hizo uso del software Simatic Manager Step 7 y de la herramienta de migración “Convertir archivo S5”. En la figura 18 y 19 se muestran el proceso de migración de S5 a S7.

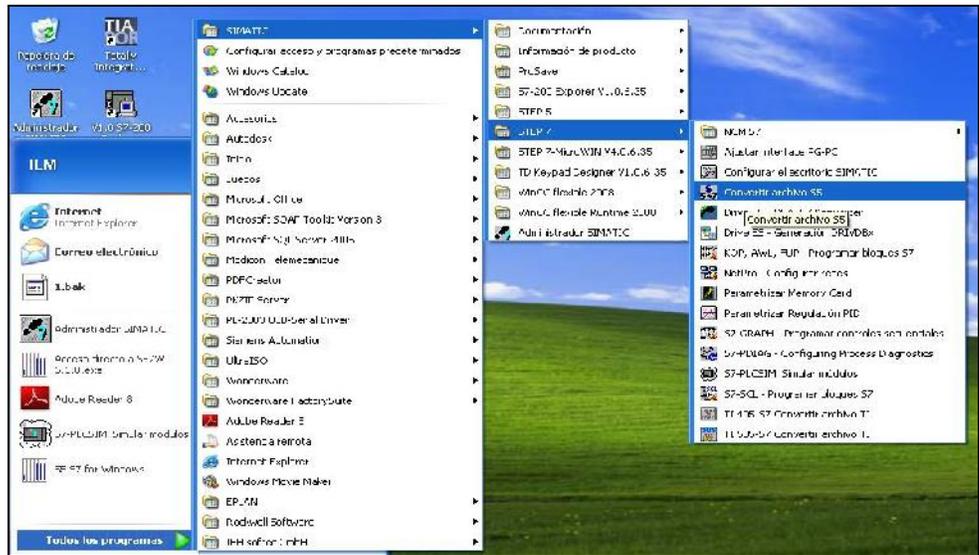


Figura 18. Herramienta de migración de Simatic Manager Step 7 para convertir un proyecto de S5 a S7.

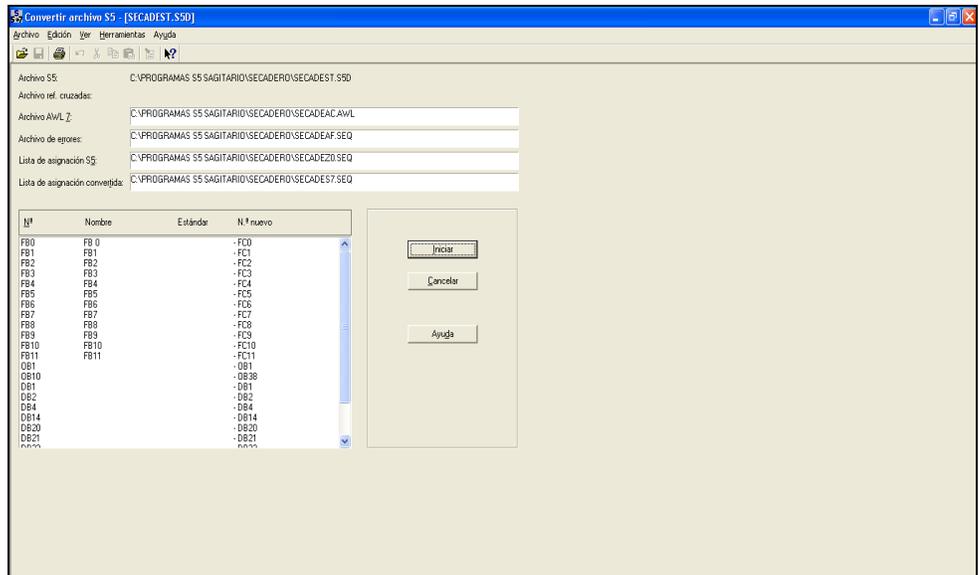


Figura 19. Proceso de migración de los bloques creados en el archivo "SECADST.S5D" a su equivalente en la nueva plataforma S7.

- c. Una vez acabado el proceso de migración, dentro de la carpeta "SECADERO", se creó automáticamente el programa SECADEAC.AWL, el cual contiene los bloques de programación de la migración. Posteriormente éste programa fue insertado al nuevo archivo creado "SECADERO\_MIGR.s7p." dentro de la interface de Simatic Manager Step 7, para luego ser compilado con la finalidad de

generar los bloques de programación equivalentes en la plataforma S7. En la figura 20 se observa el nuevo archivo “SECADERO\_MIGR.s7p” y el programa compilado SECADEAC.

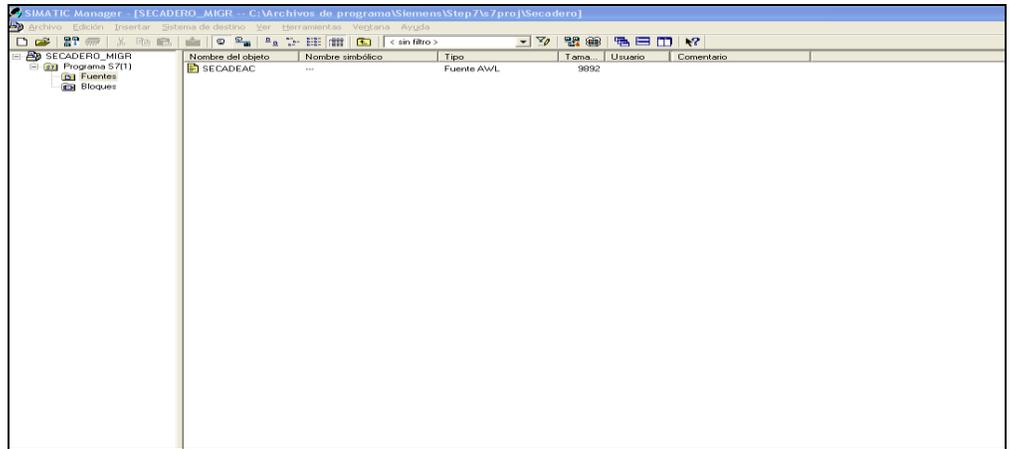


Figura 20. Creación del archivo “SECADERO\_MIGR.s7p” en la interface de Step 7 y migración finalizada de los bloques de programación.

### III.4. Migración del Área de Movimiento de Vagones.

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos de movimiento de vagones, se hizo uso de la tabla 4. En la tabla 13 se muestra la selección de equipos.

Tabla 13. Selección de CPU y módulos para el Movimiento de vagones.

Equipo	Plataforma Inicial (Simatic S5)	Nueva Plataforma (Simatic S7-300)
CPU	S5-100U,20KB de memoria de trabajo; powersupply24VDC; 1 PC,PG,OP, SINEC L1.  Order N°: 6ES5 103-8MA03	Memoria de trabajo 192KB; 0,06ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 4 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medida 4 canales con encoders incrementales 24V(60kHz); posicionamiento; conexiones MPI + DP  Order N° :6ES7 314-

		16CH04-0AB0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DO16 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	

Fuente: Elaboración propia.

- b.** Ya con el hardware dimensionado, se procedió a realizar la migración del programa inicial en S5 (ver figura 10) a la nueva plataforma S7, para lo cual se hizo uso del software Simatic Manager Step 7 y de la herramienta de migración “Convertir archivo S5”. En la figura 21 se muestra el proceso de migración de S5 a S7.

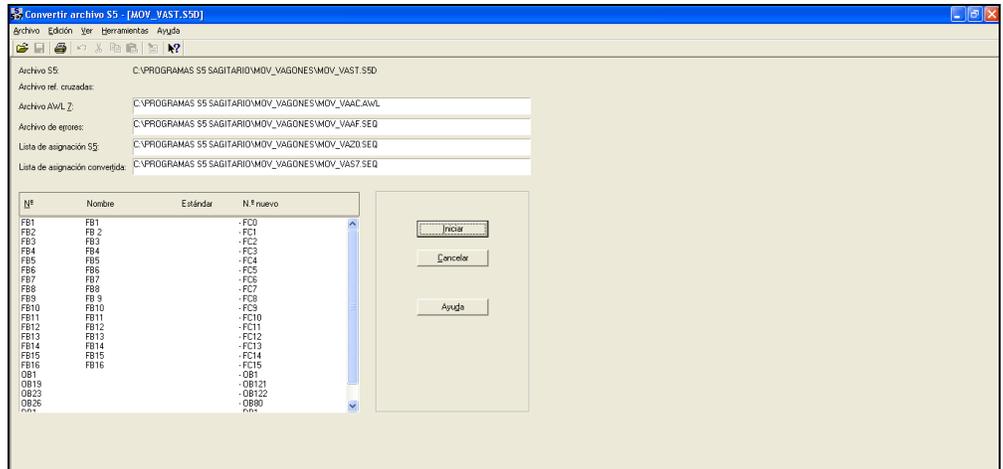


Figura 21. Proceso de migración de los bloques creados en el archivo “MOV\_VAST.S5D” a su equivalente en la nueva plataforma S7.

- c. Una vez acabado el proceso de migración, dentro de la carpeta “MOV\_VAGONES”, se creó automáticamente el programa MOV\_VAAC.AWL, el cual contiene los bloques de programación de la migración. Posteriormente éste programa fue insertado al nuevo archivo creado “MOV\_VAGONES-MIGR .s7p” dentro de la interface de Simatic Manager Step 7, para luego ser compilado con la finalidad de generar los bloques de programación equivalentes en la plataforma S7. En la figura 22 se observa el nuevo archivo “MOV\_VAGONES-MIGR .s7p” y el programa compilado MOV\_VAAC.

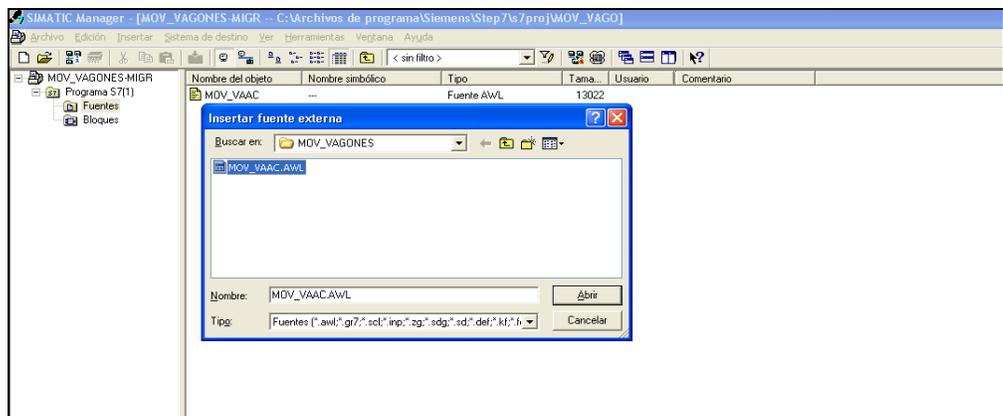


Figura 22. Creación del archivo “MOV\_VAGONES-MIGR.s7p” en la interface de Step 7 y migración finalizada de los bloques de programación.

### III.5. Migración del Transporte de Vagones a la Entrada del Pre – Horno (Movimiento TRE).

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos de movimiento de vagones, se hizo uso de la tabla 5. En la tabla 14 se muestra la selección de equipos.

Tabla 14. Selección de CPU y módulos para el transporte de entrada al pre – Horno (Movimiento TRE)

Equipo	Plataforma Inicial (Simatic S5)	Nueva Plataforma (Simatic S7-300)
CPU	S5-100U,20KB de memoria de trabajo; powersupply24VDC; 1 PC,PG,OP, SINEC L1.  Order N°: 6ES5 103-8MA03	Memoria de trabajo 192KB; 0,06ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 4 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medida 4 canales con encoders incrementales 24V(60kHz); posicionamiento; conexiones MPI + DP  Order N° :6ES7 314-16CH04-0AB0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DO16 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o	DI16 24V+16DO 24V/0.5A	DI16 x 24V DC /0.5A

salidas digitales	Order N°: 6ES5 482-8MA13	Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	DO16 24V/0.5A Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A Order N°: 6ES5 421-8MA12	

Fuente: Elaboración propia.

- b.** Ya con el hardware dimensionado, se procedió a realizar la migración del programa inicial en S5 (ver figura 11) a la nueva plataforma S7, para lo cual se hizo uso del software Simatic Manager Step 7 y de la herramienta de migración “Convertir archivo S5”. En la figura 23 se muestra el proceso de migración de S5 a S7.

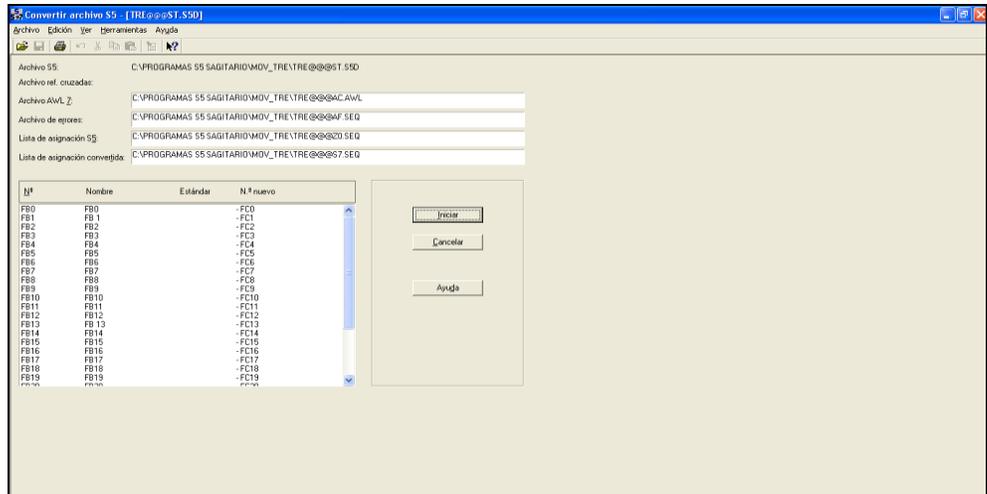


Figura 23. Proceso de migración de los bloques creados en el archivo “TREST.S5D” a su equivalente en la nueva plataforma S7.

- c. Una vez acabado el proceso de migración, dentro de la carpeta “MOV\_TRE”, se creó automáticamente el programa TREAC.AWL, el cual contiene los bloques de programación de la migración. Posteriormente éste programa fue insertado al nuevo archivo creado “MOV-TRE\_MIGR .s7p” dentro de la interface de Simatic Manager Step 7, para luego ser compilado con la finalidad de generar los bloques de programación equivalentes en la plataforma S7. En la figura 24 se observa el nuevo archivo “MOV-TRE\_MIGR .s7p” y el programa compilado TREAC.

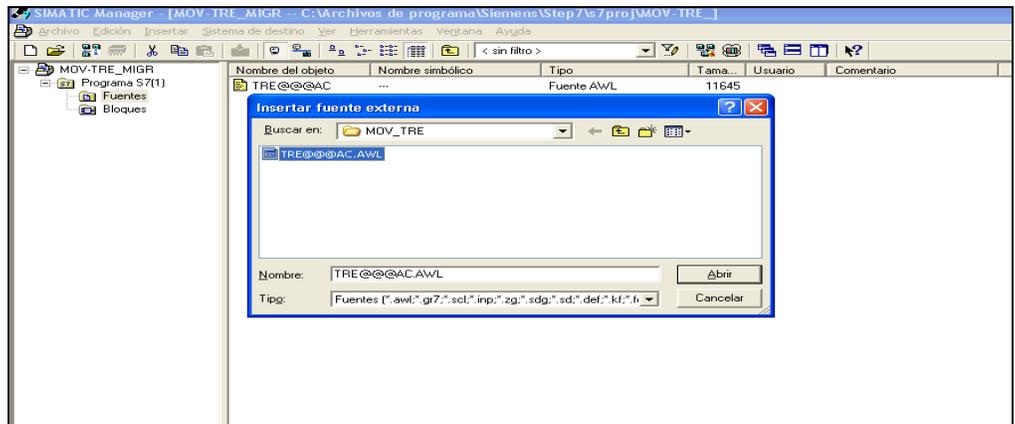


Figura 24. Creación del archivo “MOV-TRE\_MIGR.s7p” en la interface de Step 7 y migración finalizada de los bloques de programación.

### III.6. Migración del Transporte de Vagones a la Salida del Pre – Horno (Movimiento TRU)

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos de movimiento de vagones, se hizo uso de la tabla 6. En la tabla 15 se muestra la selección de equipos.

Tabla 15. : Selección de CPU y módulos para el transporte de vagones a la salida del pre-Horno (Movimiento TRU).

Equipo	Plataforma Inicial (Simatic S5)	Nueva Plataforma (Simatic S7-300)
CPU	S5-100U,20KB de memoria de trabajo; powersupply24VDC; 1 PC,PG,OP, SINEC L1.  Order N°: 6ES5 103-8MA03	Memoria de trabajo 192KB; 0,06ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 4 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medida 4 canales con encoders incrementales 24V(60kHz); posicionamiento; conexiones MPI + DP  Order N° :6ES7 314-16CH04-0AB0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DO16 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o	DI16 24V+16DO 24V/0.5A	DI6 x 24V DC /0.5A

salidas digitales	Order N°: 6ES5 482-8MA13	Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DO16 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	

Fuente: Elaboración propia.

- b. Ya con el hardware dimensionado, se procedió a realizar la migración del programa inicial en S5 (ver figura 12) a la nueva plataforma S7, para lo cual se hizo uso del software Simatic Manager Step 7 y de la herramienta de migración “Convertir archivo S5”. En la figura 25 se muestra el proceso de migración de S5 a S7.

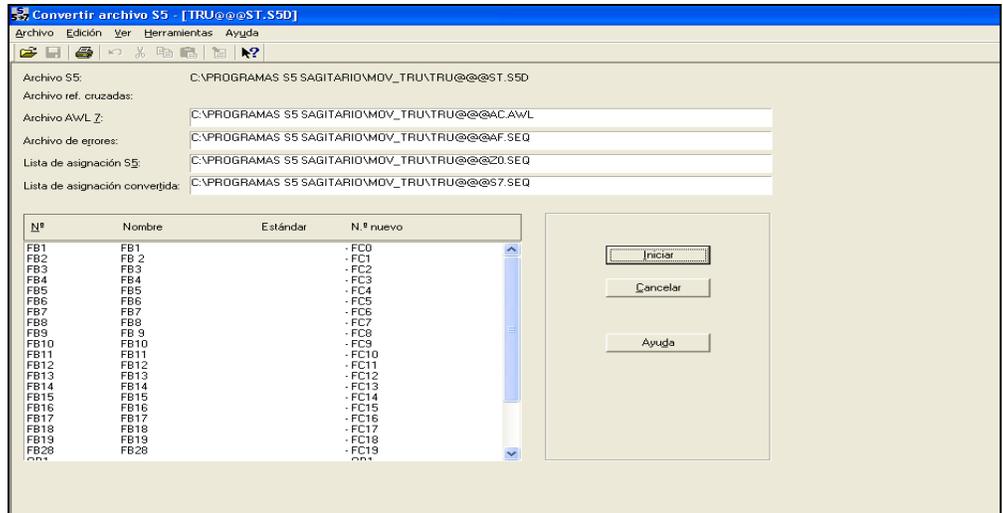


Figura 25. Proceso de migración de los bloques creados en el archivo “TRUST.S5D” a su equivalente en la nueva plataforma S7.

- c. Una vez acabado el proceso de migración, dentro de la carpeta “MOV\_TRU”, se creó automáticamente el programa TRUAC.AWL, el cual contiene los bloques de programación de la migración. Posteriormente éste programa fue insertado al nuevo archivo creado “MOV-TRU\_MIGR .s7p” dentro de la interface de Simatic Manager Step 7, para luego ser compilado con la finalidad de generar los bloques de programación equivalentes en la plataforma S7. En la figura 26 se observa el nuevo archivo “MOV-TRU\_MIGR .s7p” y el programa compilado TRUAC.

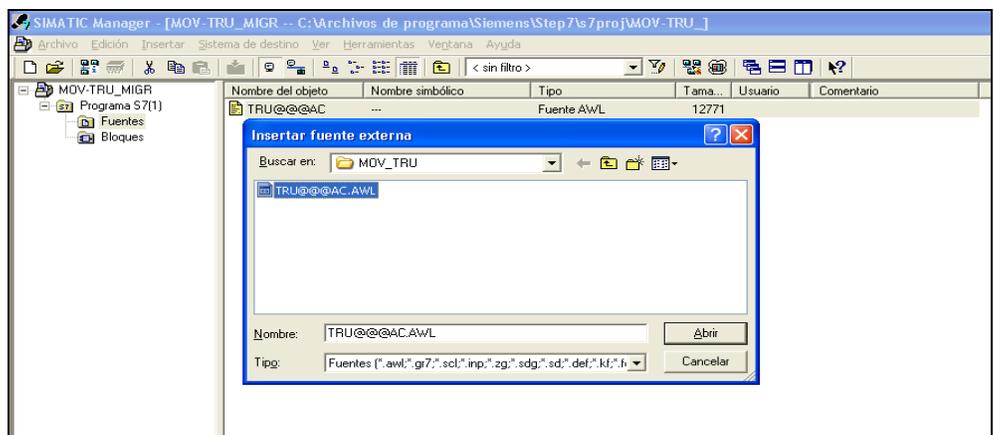


Figura 26. Creación del archivo “MOV-TRU\_MIGR.s7p” en la interface de Step 7 y migración finalizada de los bloques de programación.

### III.7. Migración del Transporte de Vagones a la Entrada del Horno.

- a. Para llevar a cabo la selección de equipos de movimiento de vagones, se hizo uso de la tabla 7. En la tabla 16 se muestra la selección de equipos.

Tabla16. Selección de CPU y módulos para el transporte de vagones a la entrada del Horno.

Equipo	Plataforma Inicial (Simatic S5)	Nueva Plataforma (Simatic S7-300)
CPU	S5-100U,20KB de memoria de trabajo; powersupply24VDC; 1 PC,PG,OP, SINEC L1.  Order N°: 6ES5 103-8MA03	Memoria de trabajo 192KB; 0,06ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 4 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medida 4 canales con encoders incrementales 24V(60kHz); posicionamiento; conexiones MPI + DP  Order N° :6ES7 314-16CH04-0AB0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI16 24V+16DO 24V/0.5A  Order N°: 6ES5 482-8MA13	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A	DI16 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES7 321-

	Order N°: 6ES5 421-8MA12	1BH02-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	DO16 24V/0.5A  Order N°: 6ES7 322-1BH01-0AA0
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	
Módulo de entradas y/o salidas digitales	DI8 x 24V DC /0.5A  Order N°: 6ES5 421-8MA12	

Fuente: Elaboración propia.

- b. Ya con el hardware dimensionado, se procedió a realizar la migración del programa inicial en S5 (ver figura 13) a la nueva plataforma S7, para lo cual se hizo uso del software Simatic Manager Step 7 y de la herramienta de migración “Convertir archivo S5”. En la figura 27 se muestra el proceso de migración de S5 a S7.

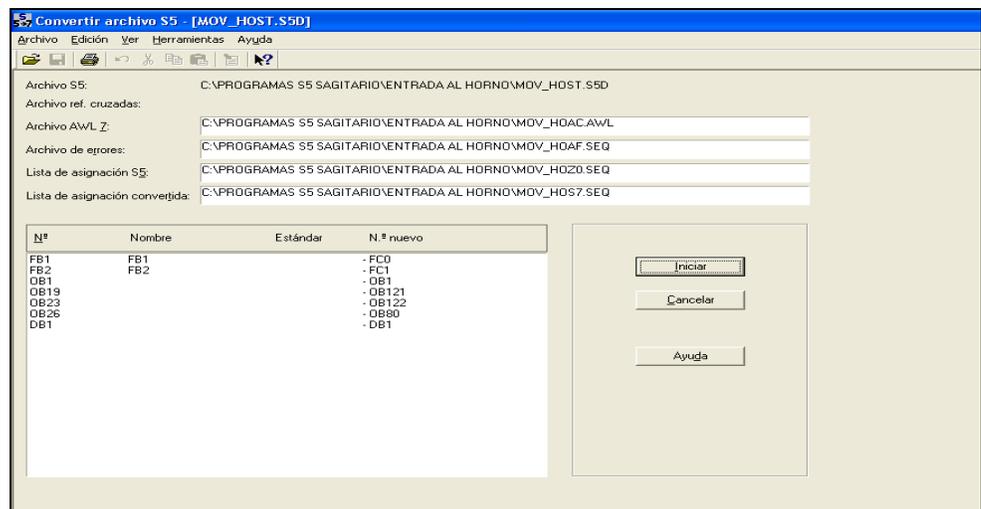


Figura 27. Proceso de migración de los bloques creados en el archivo “MOV\_HOST.S5D” a su equivalente en la nueva plataforma S7.

- c. Una vez acabado el proceso de migración, dentro de la carpeta “ENTRADA AL HORNO”, se creó automáticamente el programa MOV\_HOAC.AWL, el cual contiene los bloques de programación de la migración. Posteriormente éste programa fue insertado al nuevo archivo creado “MOV-HORNO\_MIGR .s7p” dentro de la interface de Simatic Manager Step 7, para luego ser compilado con la finalidad de generar los bloques de programación equivalentes en la plataforma S7. En la figura 25 se observa el nuevo archivo “MOV-HORNO\_MIGR .s7p” y el programa compilado MOV\_HOAC.

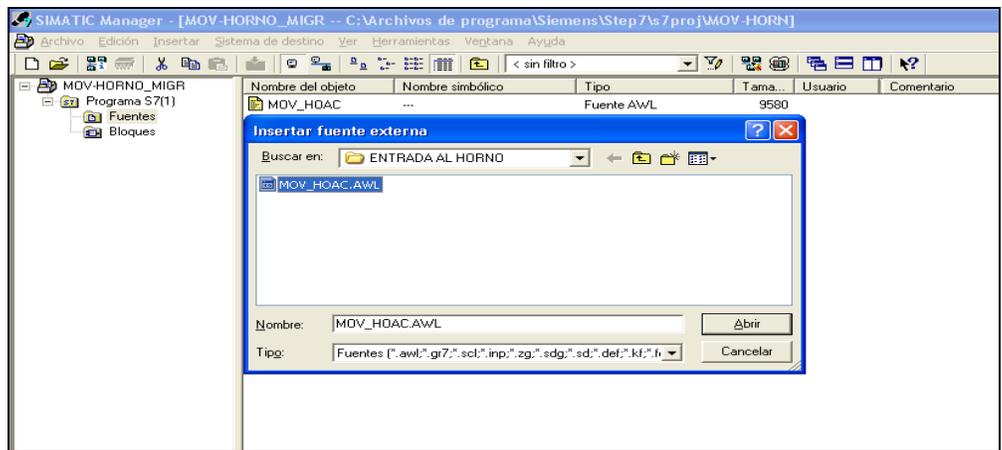


Figura 25. Creación del archivo “MOV-HORNO\_MIGR.s7p” en la interface de Step 7 y migración finalizada de los bloques de programación

### III.8. Dimensionamiento del Sistema SCADA.

- a. Para el desarrollo del sistema SCADA de la Empresa Sagitario, se hizo uso del software WinCC Explorer V7.0 SP3 de Siemens. Posteriormente se creó dentro de la interface de WinCC Explorer el proyecto “Horno .mcp”. En la figura 29 se observa el proyecto “Horno .mcp”

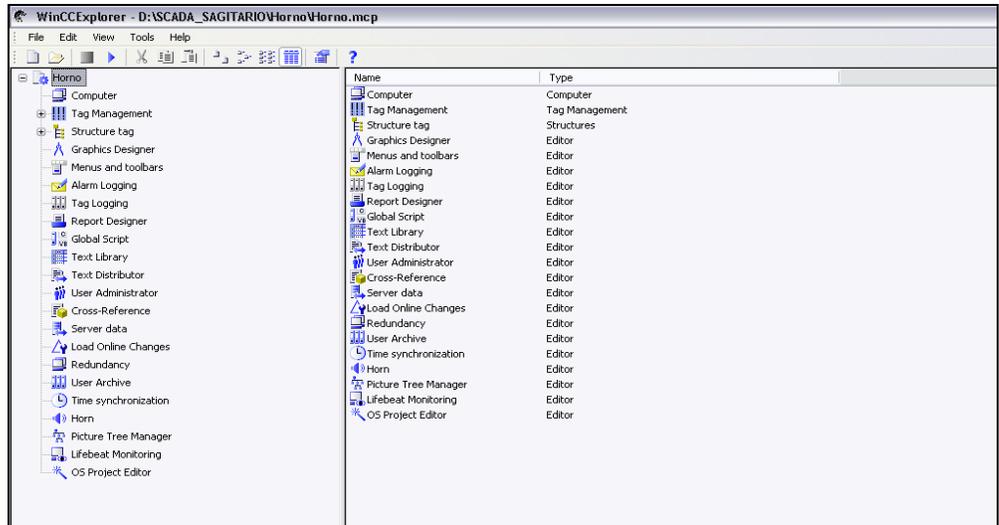


Figura 29. Interface de desarrollo de WinCC Explorer y creación del proyecto "Horno. mcp".

- b. Una vez creado el proyecto "Horno .mcp", se añadió los drivers de comunicación que se encuentran en la librería de Wincc Explorer pertenecientes al ítem "TagManagment". Los drivers que se añadieron fueron el OPC y el SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE, con la finalidad de poder establecer comunicación con los PLC S7-1200 y PLC S7-300 respectivamente. En la figura 30 se muestran los dos drivers de comunicación añadidos.

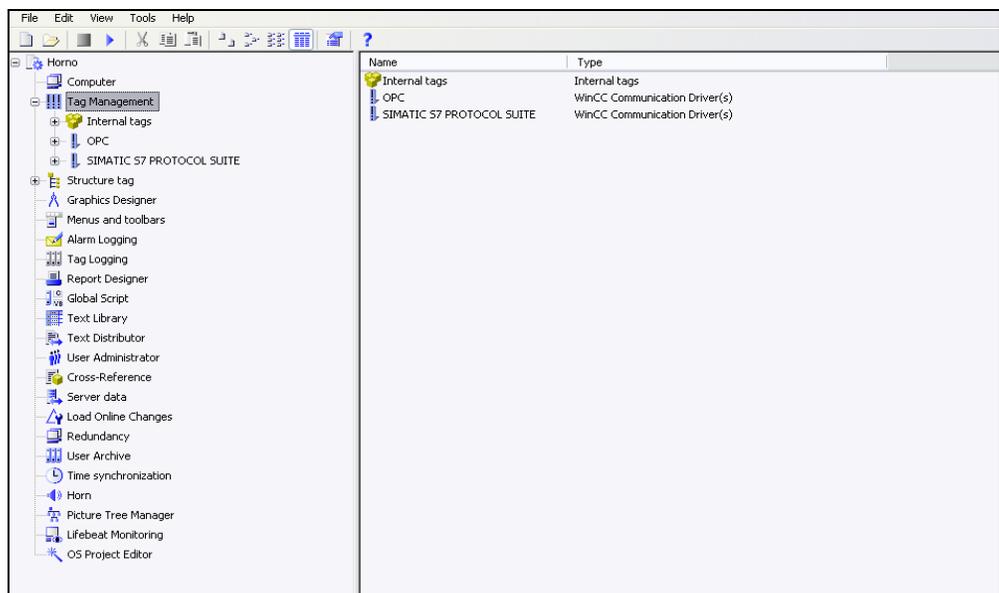


Figura 30. Drivers de comunicación de WinCC, OPC para S7-1200 y SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE para los S7-300 y S7-400.

Con los drivers de comunicación ya añadidos en el proyecto “Horno .mcp”, se pasó a dimensionar el número de variables que los PLCs desean comunicar con el SCADA. El cálculo del número de tags externos a usar en el SCADA, se determinó mediante los instrumentos descritos en los puntos 3.2.4.4(Listade variables de los PLCs) y 3.2.4.5(Entrevista realizada al Ing. José Castro). Sumando éstos un total de 639 tags.

- c. El número de tags externos correspondientes a Línea 1, fueron 72. Para poder enviar la información de cada una de las señales al SCADA, se utilizó el StationConfigurator y OPC Scout V10, softwares de Siemens, los cuales vienen incluidos en el paquete de instalación del WinCC Explorer y SIMATIC NET. Dentro del StationConfigurator se cargó el enlace de comunicación entre el PLC S7-1200 de Línea 1 y la PC proporcionada por la Empresa Sagitario, en la cual se instalaron los programas mencionados líneas atrás y que cumpliría la función de SCADA (PC Server, instalada en la oficina del Ing. José Castro). En la figura 31 se observa el enlace de comunicación ya generado entre el PLC-1200 y la PC- Server.

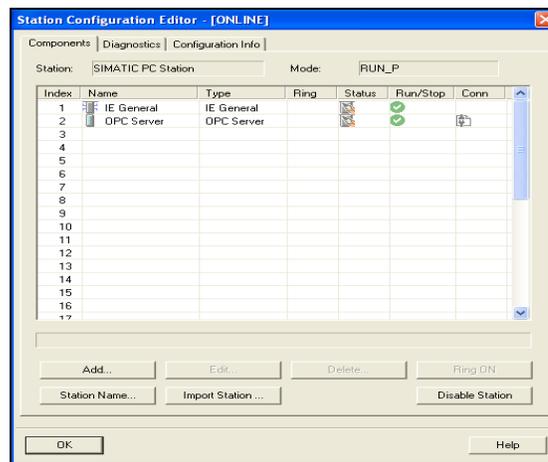


Figura 31. Enlace de comunicación creado en el StationConfigurator entre el PLC S7-1200 y la PC-Server.

Ya cargado el enlace de comunicación, se comenzó a digitar las señales que el PLC S7-1200 intercambiaría con el SCADA dentro de la interface del OPC Scout V10. Al PLC S7-1200 de Línea 1 se le asignó la IP 192.168.1.222, mientras que a la PC-Server la IP fue 192.168.1.81. En la figura 32 se muestran las señales digitadas.

Nombre	Valor	Formato	Tipo	Acceso	Calidad	Stamp
S7E7 conectado_1IEE 6.200	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.201	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.202	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.203	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.204	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.205	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.206	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.207	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.208	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.209	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.210	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.211	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.212	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.213	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.214	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.215	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.216	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.217	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.218	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.219	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.220	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.221	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.222	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.223	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.224	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.225	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.226	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.227	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.228	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.229	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.230	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.231	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.232	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.233	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.234	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.235	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.236	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.237	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.238	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.239	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015
S7E7 conectado_1IEE 6.240	1	bool	bool	Read	Good	08/02/2015

Figura 32. Señales provenientes del PLC-S7 1200 de Línea 1 dentro de la interface del OPC Scout V10.

Una vez terminado la digitación de señales en el OPC Scout V10, se digitalizó nuevamente las mismas señales en el proyecto creado “Horno .mcp”, pero dentro del driver de comunicación OPC y con la nomenclatura “S7:[S7connection\_1] dirección de variable” (la nomenclatura proviene del enlace cargado en el StationConfiguration), ya que el Wincc Explorer obtiene la data desde el OPC. En la figura 33 se observa las señales digitadas en la interface de WinCC.

Nombre	Tipo	Parámetros
OPAC_TAGE	Bool	OPAC_TAGE
MILLON	Bool	MILLON
MILLON2	Bool	MILLON2
MILLON3	Bool	MILLON3
MILLON4	Bool	MILLON4
MILLON5	Bool	MILLON5
MILLON6	Bool	MILLON6
MILLON7	Bool	MILLON7
MILLON8	Bool	MILLON8
MILLON9	Bool	MILLON9
MILLON10	Bool	MILLON10
MILLON11	Bool	MILLON11
MILLON12	Bool	MILLON12
MILLON13	Bool	MILLON13
MILLON14	Bool	MILLON14
MILLON15	Bool	MILLON15
MILLON16	Bool	MILLON16
MILLON17	Bool	MILLON17
MILLON18	Bool	MILLON18
MILLON19	Bool	MILLON19
MILLON20	Bool	MILLON20
MILLON21	Bool	MILLON21
MILLON22	Bool	MILLON22
MILLON23	Bool	MILLON23
MILLON24	Bool	MILLON24
MILLON25	Bool	MILLON25
MILLON26	Bool	MILLON26
MILLON27	Bool	MILLON27
MILLON28	Bool	MILLON28
MILLON29	Bool	MILLON29
MILLON30	Bool	MILLON30
MILLON31	Bool	MILLON31
MILLON32	Bool	MILLON32
MILLON33	Bool	MILLON33
MILLON34	Bool	MILLON34
MILLON35	Bool	MILLON35
MILLON36	Bool	MILLON36
MILLON37	Bool	MILLON37
MILLON38	Bool	MILLON38
MILLON39	Bool	MILLON39
MILLON40	Bool	MILLON40
MILLON41	Bool	MILLON41
MILLON42	Bool	MILLON42
MILLON43	Bool	MILLON43
MILLON44	Bool	MILLON44
MILLON45	Bool	MILLON45
MILLON46	Bool	MILLON46
MILLON47	Bool	MILLON47
MILLON48	Bool	MILLON48
MILLON49	Bool	MILLON49
MILLON50	Bool	MILLON50
MILLON51	Bool	MILLON51
MILLON52	Bool	MILLON52
MILLON53	Bool	MILLON53
MILLON54	Bool	MILLON54
MILLON55	Bool	MILLON55
MILLON56	Bool	MILLON56
MILLON57	Bool	MILLON57
MILLON58	Bool	MILLON58
MILLON59	Bool	MILLON59
MILLON60	Bool	MILLON60
MILLON61	Bool	MILLON61
MILLON62	Bool	MILLON62
MILLON63	Bool	MILLON63
MILLON64	Bool	MILLON64
MILLON65	Bool	MILLON65
MILLON66	Bool	MILLON66
MILLON67	Bool	MILLON67
MILLON68	Bool	MILLON68
MILLON69	Bool	MILLON69
MILLON70	Bool	MILLON70
MILLON71	Bool	MILLON71
MILLON72	Bool	MILLON72
MILLON73	Bool	MILLON73
MILLON74	Bool	MILLON74
MILLON75	Bool	MILLON75
MILLON76	Bool	MILLON76
MILLON77	Bool	MILLON77
MILLON78	Bool	MILLON78
MILLON79	Bool	MILLON79
MILLON80	Bool	MILLON80
MILLON81	Bool	MILLON81
MILLON82	Bool	MILLON82
MILLON83	Bool	MILLON83
MILLON84	Bool	MILLON84
MILLON85	Bool	MILLON85
MILLON86	Bool	MILLON86
MILLON87	Bool	MILLON87
MILLON88	Bool	MILLON88
MILLON89	Bool	MILLON89
MILLON90	Bool	MILLON90
MILLON91	Bool	MILLON91
MILLON92	Bool	MILLON92
MILLON93	Bool	MILLON93
MILLON94	Bool	MILLON94
MILLON95	Bool	MILLON95
MILLON96	Bool	MILLON96
MILLON97	Bool	MILLON97
MILLON98	Bool	MILLON98
MILLON99	Bool	MILLON99
MILLON100	Bool	MILLON100

Figura 33. Tags externos provenientes del PLC S7-1200 de Línea 1 digitadas en Wincc Explorer.

- d. El número de tags externos correspondientes al Secado y Horno, fueron 567. A diferencia del PLC S7-1200 de Línea 1, los tags

correspondientes a éstas dos áreas (Secado y Horno) son digitadas directamente en el proyecto “Horno .mcp” dentro del driver de comunicación SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE, ya que ambos PLCs son S7-300. En el driver de comunicación SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE, se eligió el protocolo de comunicación TCP/IP. Las direcciones IP asignadas al PLC de Secado y Horno, fueron 192.168.1.220 y 192.168.1.80 respectivamente. En las figuras 34 y 35 se muestran los tags externos de los PLCs de Secado y Horno.

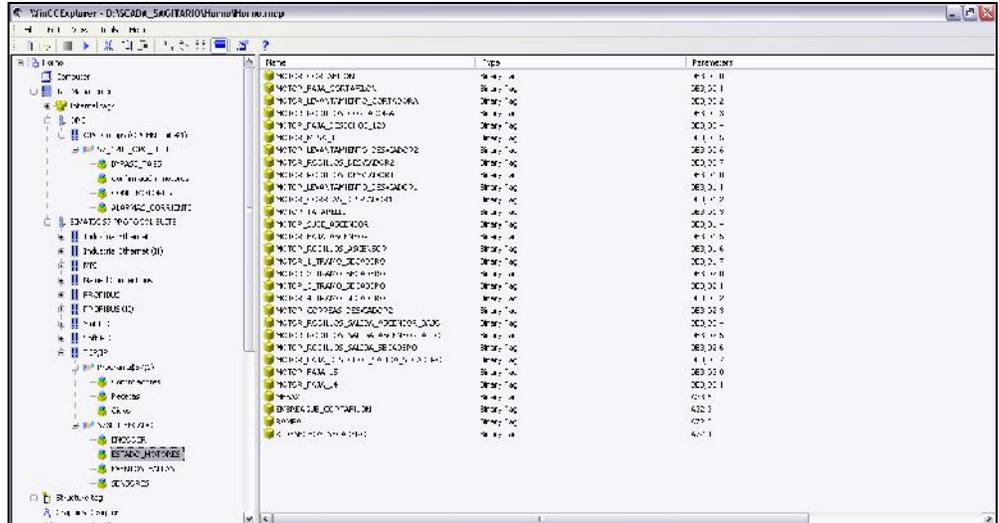


Figura 34. Tags externos pertenecientes al PLC S7-300 del área de Secado digitadas en WinCC Explorer.

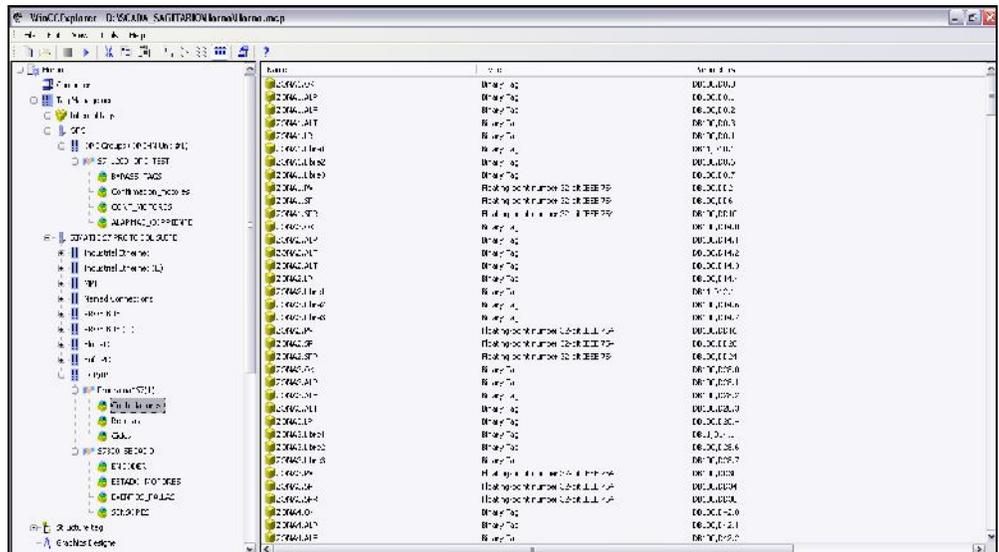


Figura 35. Tags externos pertenecientes al PLC S7-300 del Horno digitadas en WinCC Explorer

### III.9. Estaciones de Trabajo.

Para poder adquirir la información proveniente de las áreas de Línea 1, Secado y Cocción, se diseñó una arquitectura de red con todos los equipos involucrados. En el instrumento mencionado en el punto 3.2.4.6 (Entrevista realizada al Ing. José Castro), se determinó que serían 2 las Estaciones de trabajo, una de ellas estaría ubicada en la oficina principal (PC\_Servidor) y la otra en el taller de mantenimiento (PC\_Cliente).

Se configuró un modelo de red del tipo Cliente – Servidor para poder establecer dos estaciones de trabajo y ver en cada una de ellas el SCADA. Para ésta configuración ambas PCs, fueron puestas en red y posteriormente se creó un proyecto en la interface de WinCC Explorer del tipo cliente, con el nombre “Cliente\_Sagitario”.mcp” (Ver figura 36).

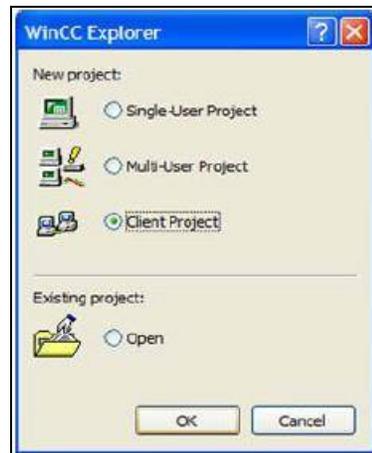


Figura 36. Creación del proyecto “Cliente\_Sagitario .mcp” en la interface de WinCC Explorer.

Una vez creado el proyecto “Cliente\_Sagitario .mcp”, se realizó las configuraciones en el proyecto “Horno .mcp” dentro de la PC\_Servidor, para lo cual se agregó una estación de trabajo del tipo cliente, cuyo nombre (Computername) es PC\_CLIENTE e IP 192.168.1.91. (Ver figura 37).

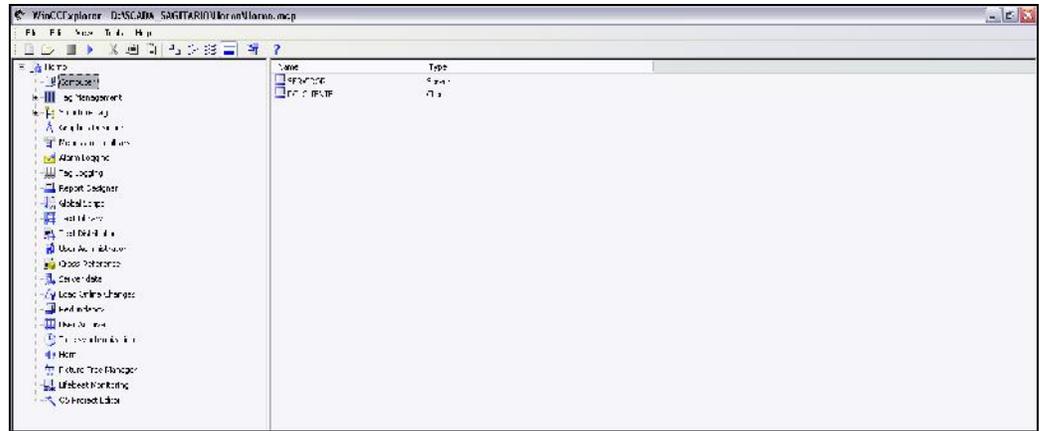


Figura 37. Estación de trabajo del tipo cliente añadida al proyecto "Horno .mcp".

Finalizada todas éstas configuraciones, se pudo iniciar el Runtime del SCADA al abrir el archivo “Horno\_SERVIDOR .pck” dentro del proyecto “Cliente\_Sagitario .mcp” que se genera de manera automática dentro de la carpeta SCADA\_SAGITARIO\Horno\SERVIDOR\Packages, la cual fue compartida en la red por el Servidor WinCC.

### III.10. Cuadro de Tiempos.

Con la información obtenida en la entrevista al Ing. José Castro (Instrumento descrito en el ítem 3.2.4.6), se hizo un resumen de los tiempos que demanda a los operarios verificar el estado de los elementos de campo presentes en el área de Línea 1, Secado y Cocción. Ver tabla 17.

Tabla 17. Resumen de tiempos para identificar el estado de los elementos de campo por área.

Área	Tiempo promedio en verificar los estados de los elementos de campo
Línea 1	Entre 5 y 8 minutos
Secado	Entre 10 y 15 minutos
Cocción	Entre 20 y 25 minutos

Fuente: Elaboración propia

III.11. Reporte de Parada de Planta no Programadas.

		INFORME DE MANTENIMIENTO					
MAQUINA/EQUIPO: Módulo de entradas digitales 6ES5 421-8MA12		MARCA: SIEMENS		CODIGO: 6ES5 421-8MA12			
UBICACIÓN: Área de Secado							
MANTENIMIENTO:		<input type="checkbox"/> P	<input type="checkbox"/> C	<input checked="" type="checkbox"/> PROBLEMA	Mecánico <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
CONDICIÓN:		CRITICA <input checked="" type="checkbox"/>	MEDIA <input type="checkbox"/>	NORMAL <input type="checkbox"/>			
FECHA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS						
16/08/2014	08:50 h: El proceso del área de secado se detiene.						
16/08/2014	10:00 h: Se detecta que el módulo de entradas digitales 6ES5 421-8MA12 del área de secado sufrió desperfecto al ser energizado.						
16/08/2014	12:00 h: El módulo de entradas digitales 6ES5 421-8MA12 del área de secado fue reemplazado por uno que se tenía en almacén						
Observaciones:							
Conseguir reemplazo del módulo de entradas digitales 6ES5 421-8MA12 para almacén.							
EJECUTADO POR:		Miguel Arias		RECIBIDO POR. Ing. José Castro Riveros		FECHA:	16/08/2014

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario.

Figura 38. Reporte de parada de planta no programada debido a la detención del área de Secado.

		INFORME DE MANTENIMIENTO					
MAQUINA/EQUIPO: PLC S5-100U		MARCA: SIEMENS		CODIGO: 6ES5 103-8MA03			
UBICACIÓN: Área de Movimiento de Vagones							
MANTENIMIENTO:		<input type="checkbox"/> P	<input type="checkbox"/> C	<input checked="" type="checkbox"/> PROBLEMA	Mecánico <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
CONDICIÓN:		CRITICA <input checked="" type="checkbox"/>	MEDIA <input type="checkbox"/>	NORMAL <input type="checkbox"/>			
FECHA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS						
08/09/2014	15:25 h: Se detecta que el CPU S5-100U del área de movimiento de los vagones se encuentra en estado de falla por motivos desconocidos						
08/09/2014	17:10 h: Luego de la inspección del armario, revisión de cableado y limpieza del mismo, se reenergiza el PLC y éste vuelve a encender.						
Observaciones:							
Contactarse con personal especialista en PLC, para que pueda detectar la falla en el PLC							
EJECUTADO POR:		Francico Paredes		RECIBIDO POR. Ing. José Castro Riveros		FECHA:	08/09/2014

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario.

Figura 39. Reporte de parada de planta no programada debido a la detención del área de Movimiento de vagones.

		<b>INFORME DE MANTENIMIENTO</b>	
MAQUINA/EQUIPO: PLC S7-200		MARCA: SIEMENS	CODIGO: 6ES7-2142BD230XB
UBICACIÓN: Área de Proceso Común			
MANTENIMIENTO:	<input type="checkbox"/> P	<input type="checkbox"/> C	<input checked="" type="checkbox"/> PROBLEMA Mecánico <input type="checkbox"/> Eléctrico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
CONDICIÓN:	<input checked="" type="checkbox"/> CRITICA	<input type="checkbox"/> MEDIA	<input type="checkbox"/> NORMAL
FECHA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS		
21/09/2014	12:25 h: Se detecta que el PLC S7-200 del área de Línea 1 se detuvo de manera inesperada.		
21/09/2014	14:10 h: Luego de la inspección del armario, verificación de cableado, se reenergiza el PLC y éste vuelve a encender.		
<b>Observaciones:</b>			
Llamar a un personal especializado para revisar el PLC.			
EJECUTADO POR:	Miguel Arias	RECIBIDO POR. Ing. José Castro Riveros	FECHA: 21/09/2014

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario.

Figura 40. Reporte de parada de planta no programada debido a la detención del área de Línea 1.

## IV. RESULTADOS.

### IV.1. Migración de los Controladores Lógicos Programables (PLCs).

#### a. Línea 1.

En las figuras 41 y 42 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7 Tia Portal.

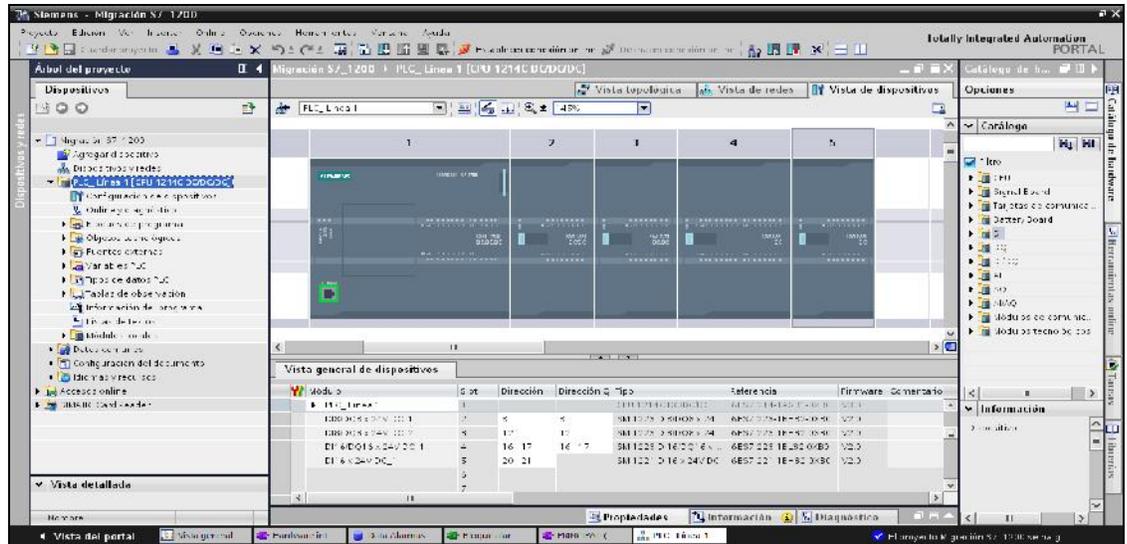


Figura 41. Hardware del área de Línea 1 migrado a la nueva Plataforma S7 Tia Portal.

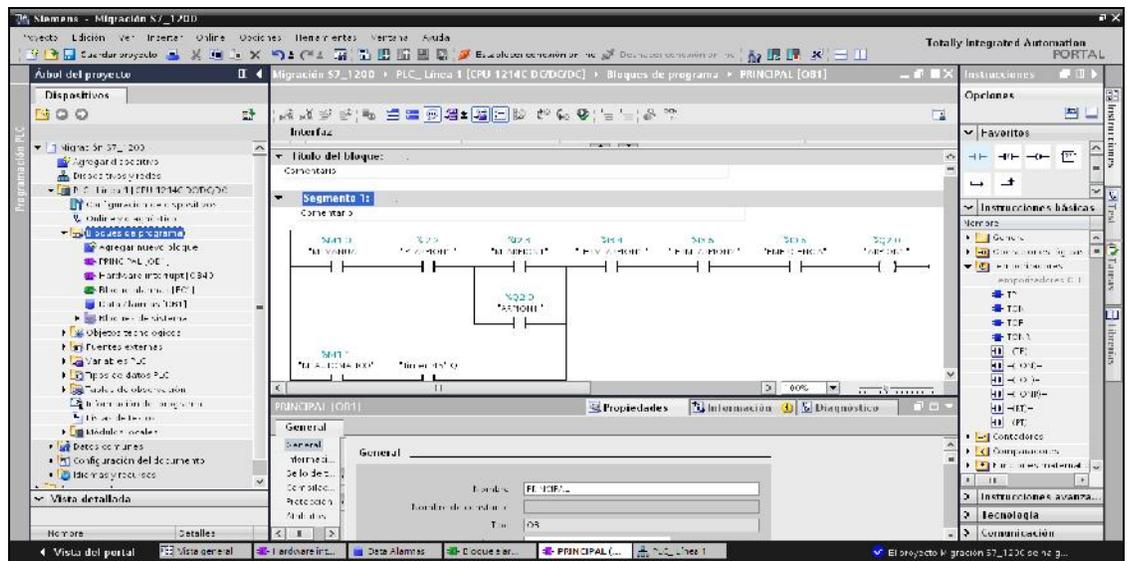


Figura 42. Bloques de programación del área de Línea 1 migrados a la nueva plataforma S7 Tia Portal.

**b. Secado.**

En las figuras 43 y 44 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7.

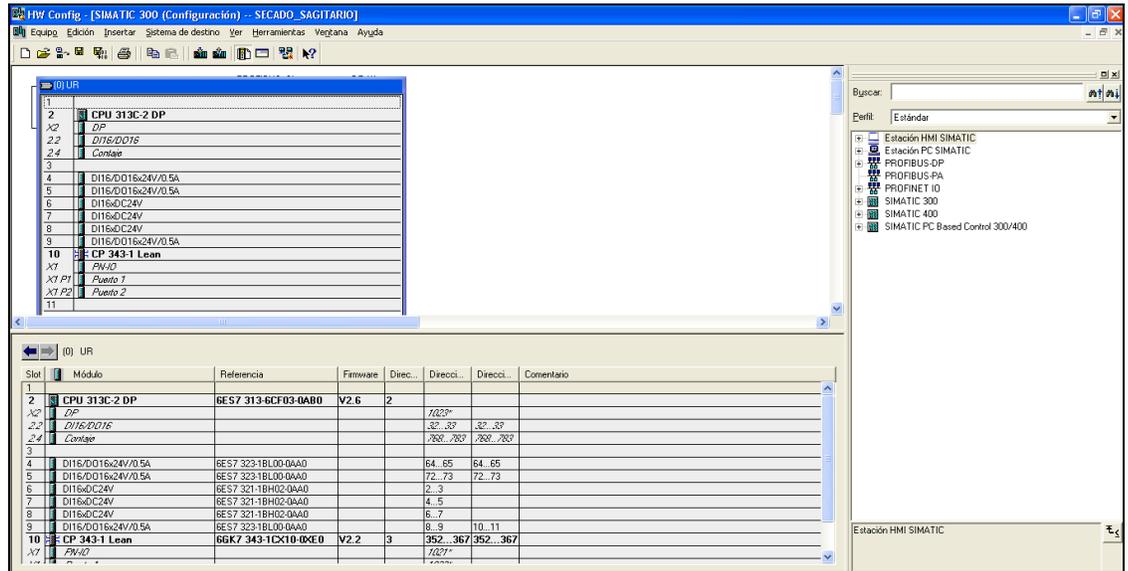


Figura 43. Hardware del área de Secado migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

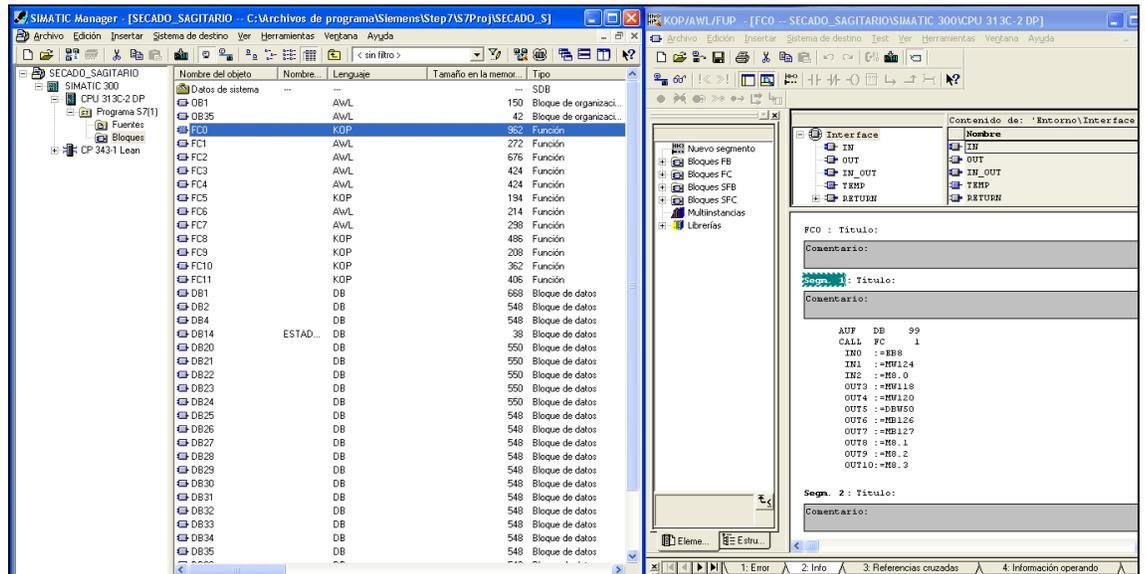


Figura 44. Bloques de programación del área de Secado migrados a la nueva plataforma Simatic S7.

### c. Movimiento de Vagones.

En las figuras 45 y 46 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7.

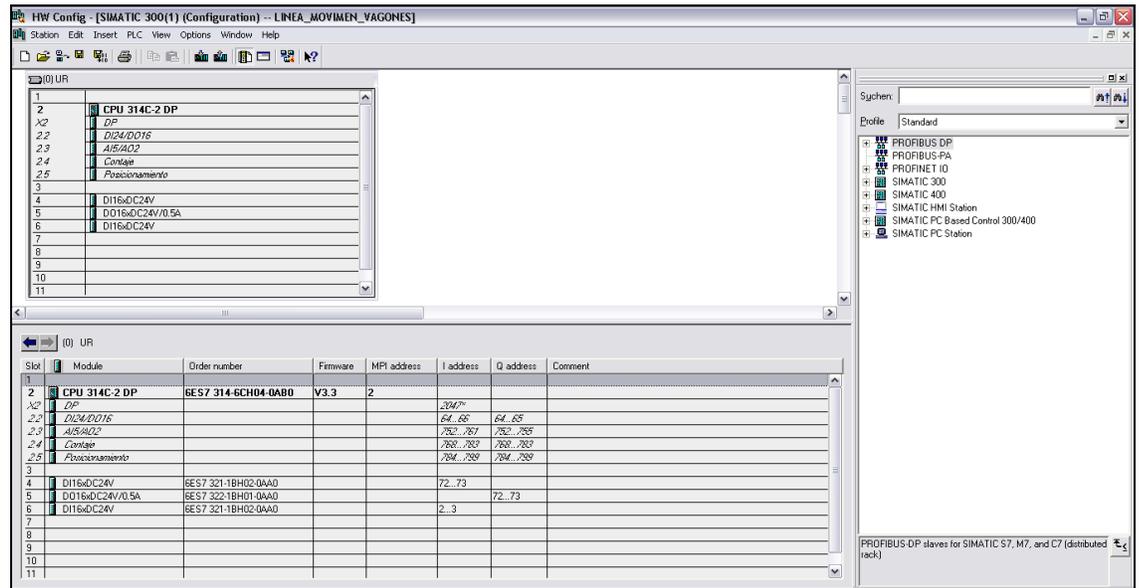


Figura 45. Hardware del Movimiento de vagones migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

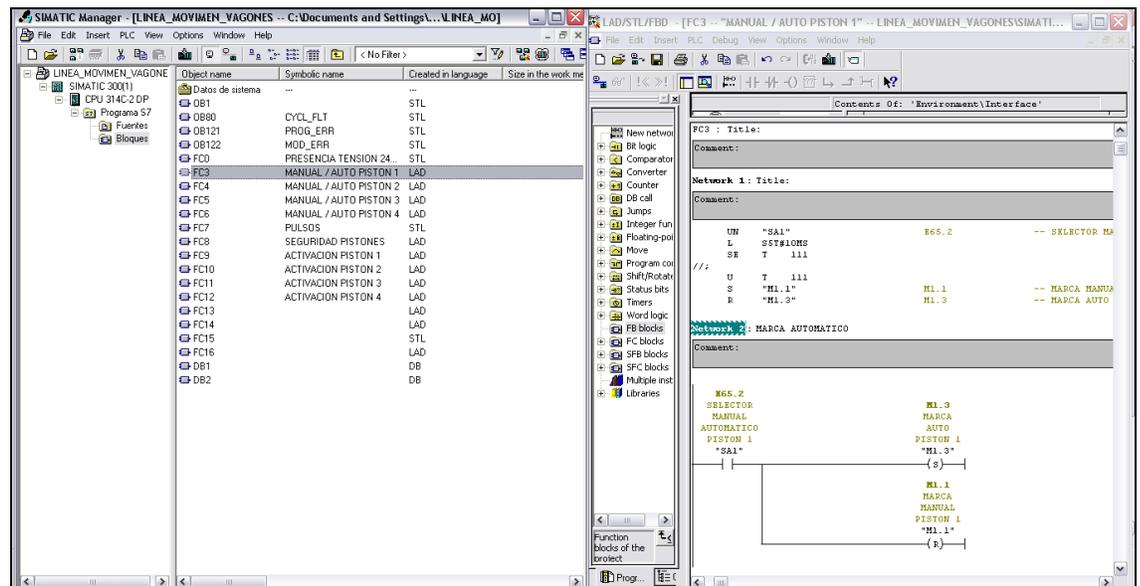


Figura 46. Bloques de programación del Movimiento de vagones migrados a la nueva plataforma Simatic S7.

#### d. Transporte de Vagones a la Entrada del Pre – Horno (Movimiento TRE)

En las figuras 47 y 48 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7.

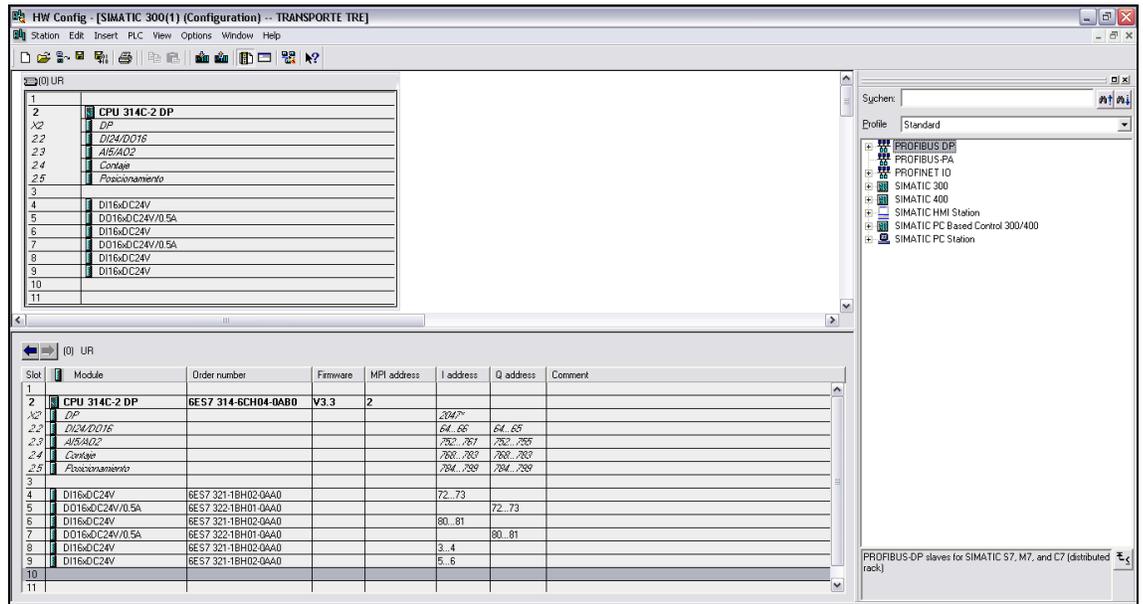


Figura 47. Hardware del Movimiento TRE migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

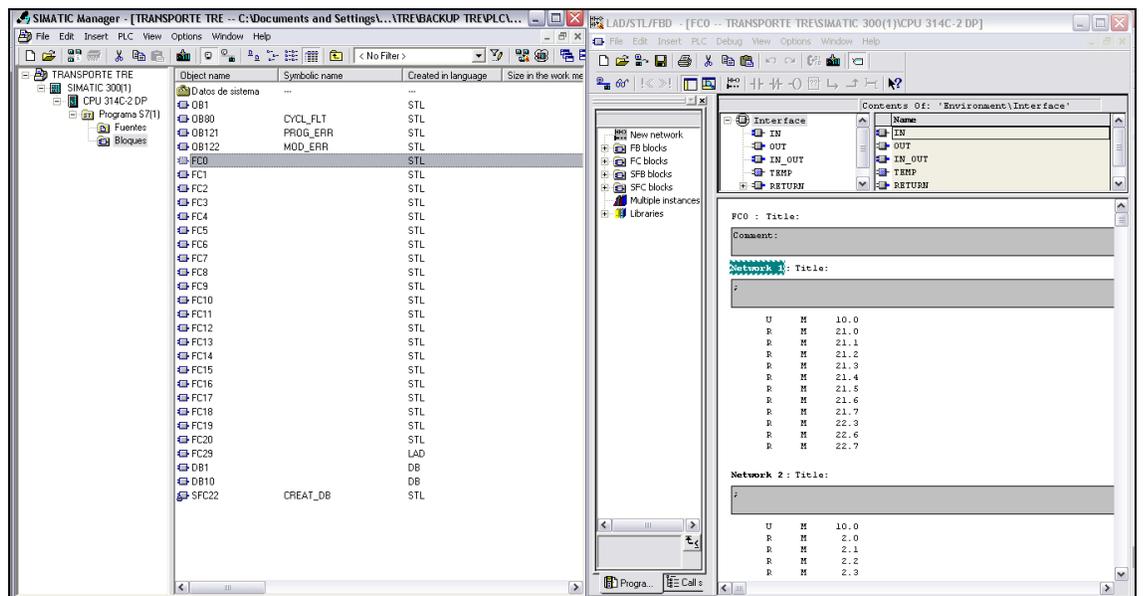


Figura 48. Bloques de programación del Movimiento TRE migrados a la nueva plataforma Simatic S7.

e. Transporte de Vagones a la Salida del Pre – Horno (Movimiento TRU).

En las figuras 49 y 50 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7.

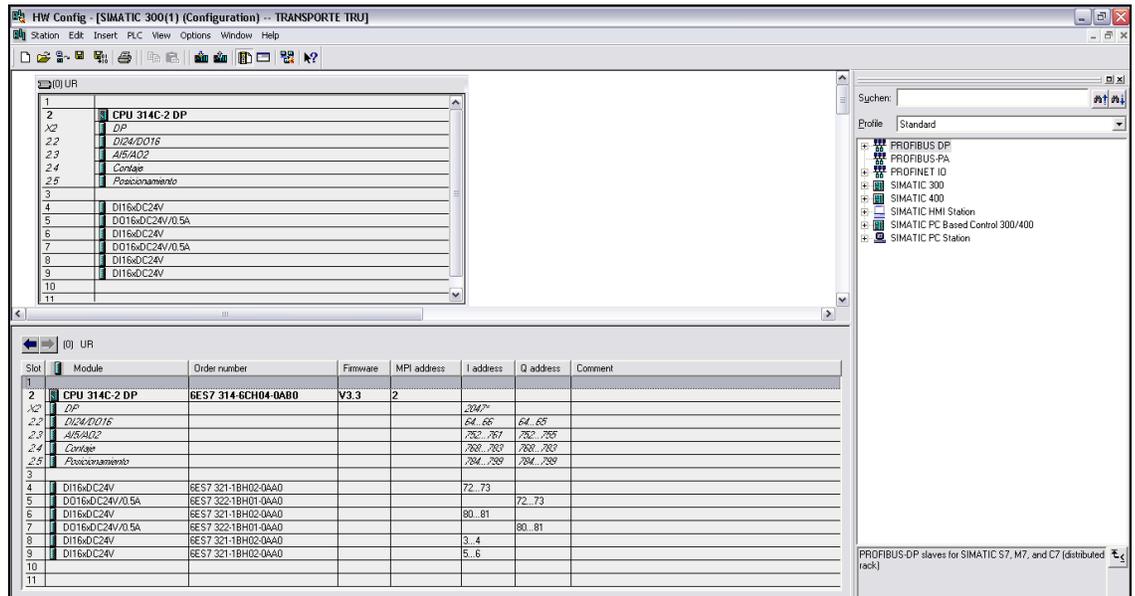


Figura 49. Hardware del Movimiento TRU migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

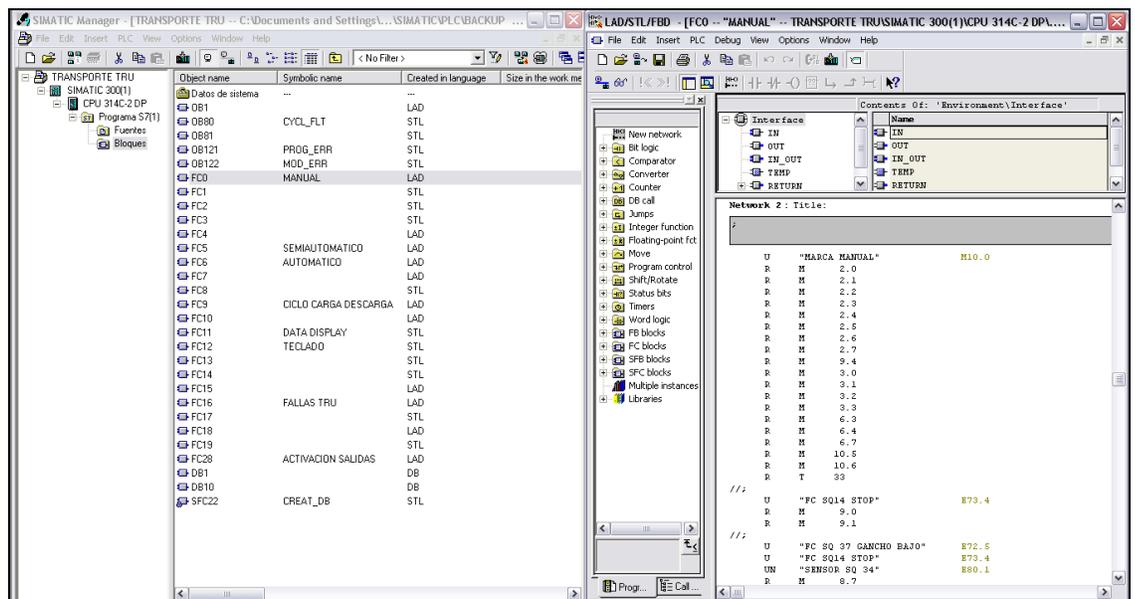


Figura 50. Bloques de programación del Movimiento TRU migrados a la nueva plataforma Simatic S7.

f. Transporte de Vagones a la Entrada del Horno.

En las figuras 51 y 52 se muestran la migración del hardware y software (bloques de programación) a la nueva plataforma Simatic S7.

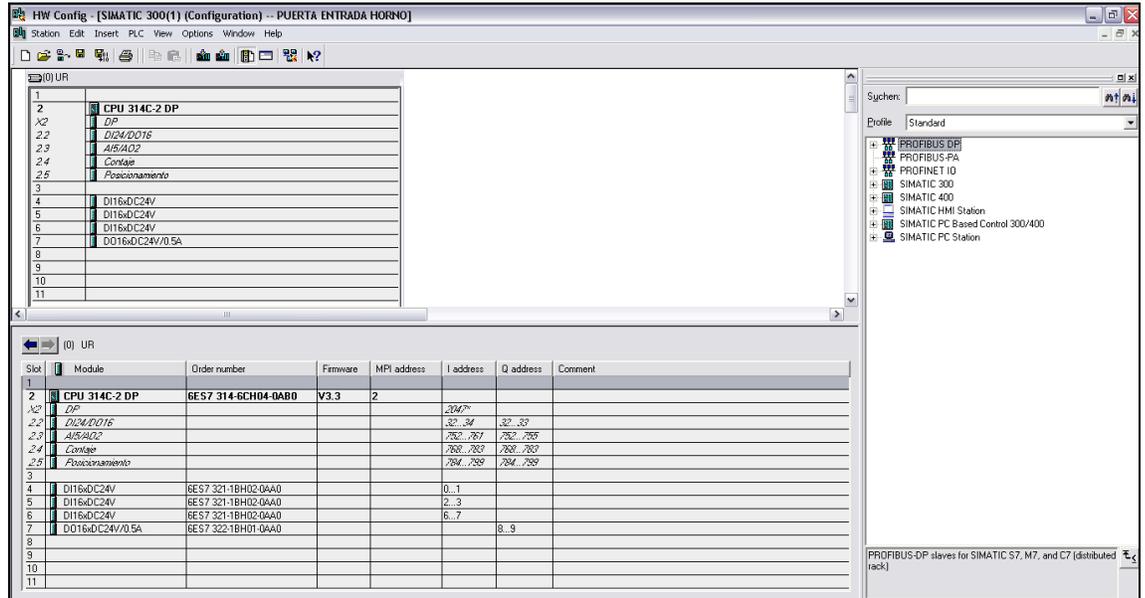


Figura 51. Hardware del Transporte de vagones a la entrada del horno migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

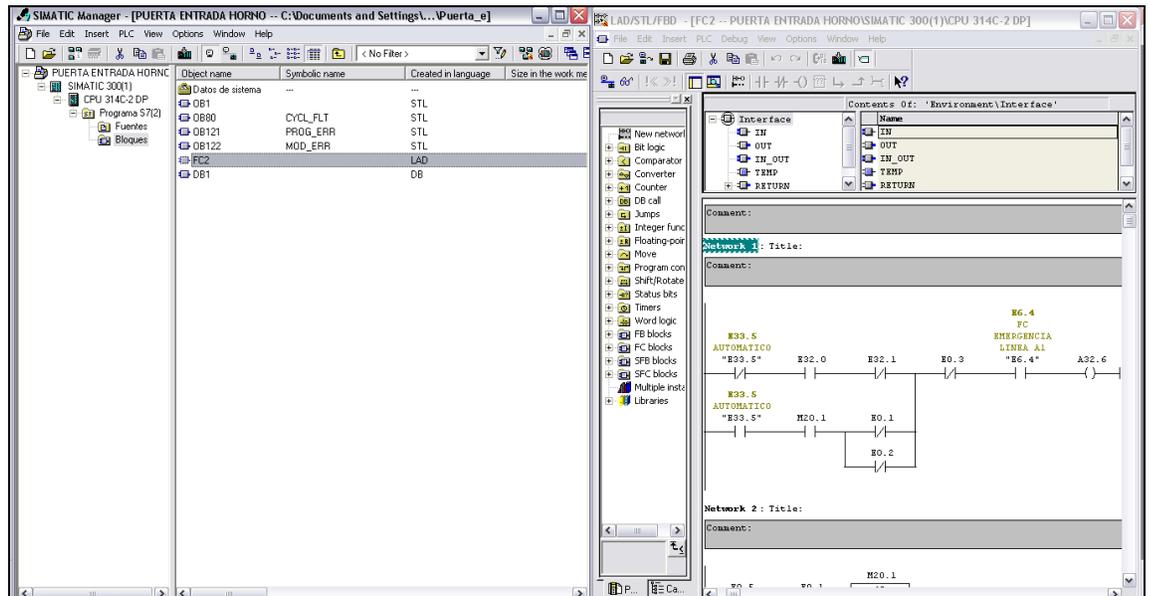


Figura 52. Bloques de programación del Transporte de vagones a la entrada del horno migrado a la nueva plataforma Simatic S7.

## IV.2. Desarrollo del SCADA.

En las figuras 53, 54, 55, 56, 57 y 58 se muestran algunas de las pantallas del Sistema SCADA de la Empresa Ladrillera Sagitario.

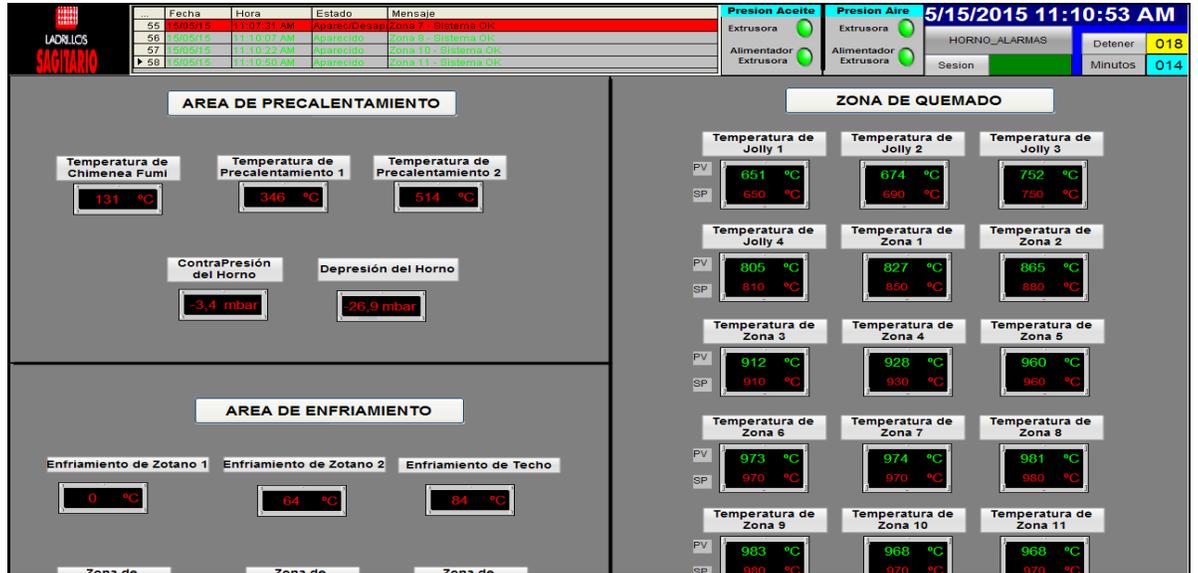


Figura 53. Pantalla inicial del Sistema SCADA, en la cual se muestra el valor de las temperaturas y presiones del Horno.

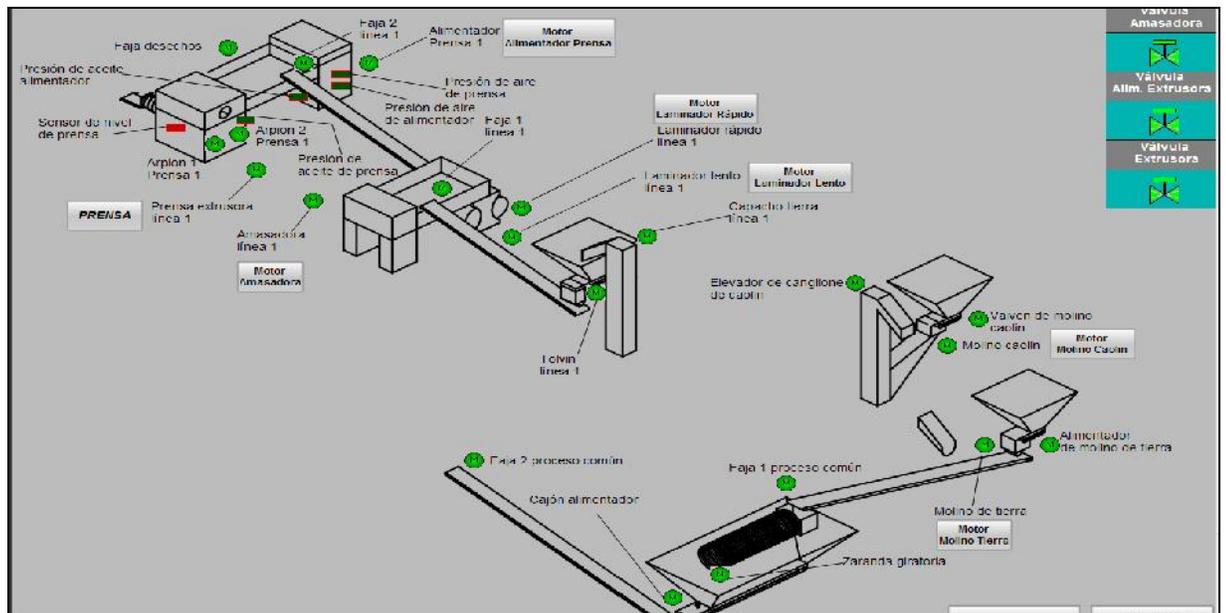


Figura 54. Pantalla de monitorio y supervisión del área de Línea 1.

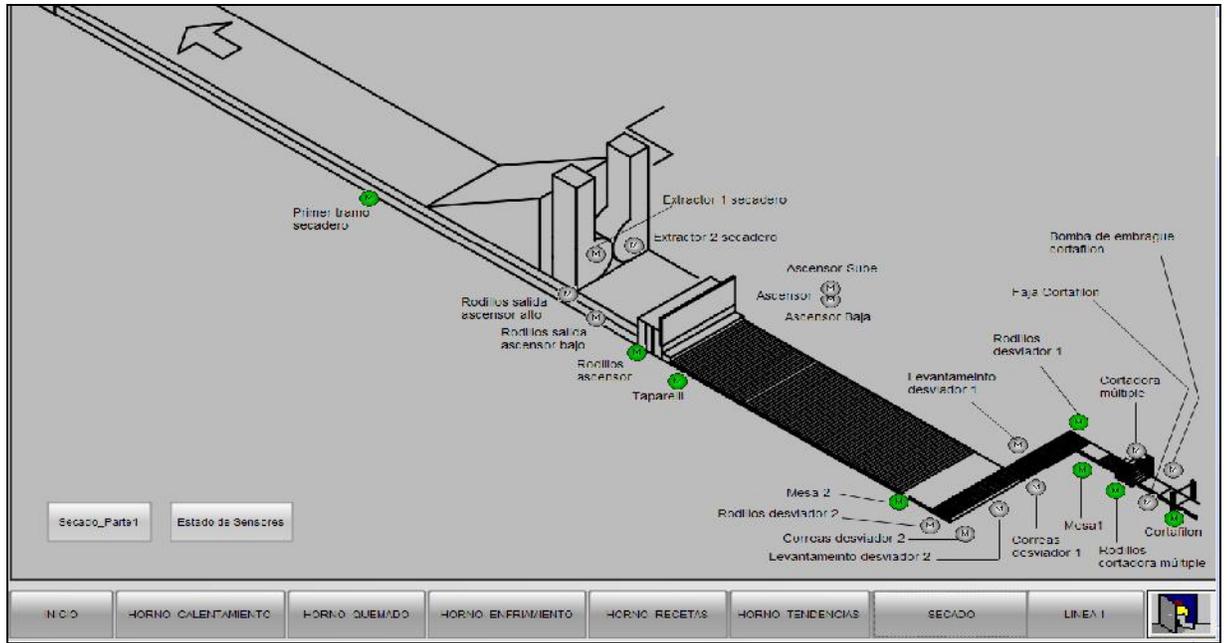


Figura 55. Pantalla de monitoreo y supervisión del área de Secado.

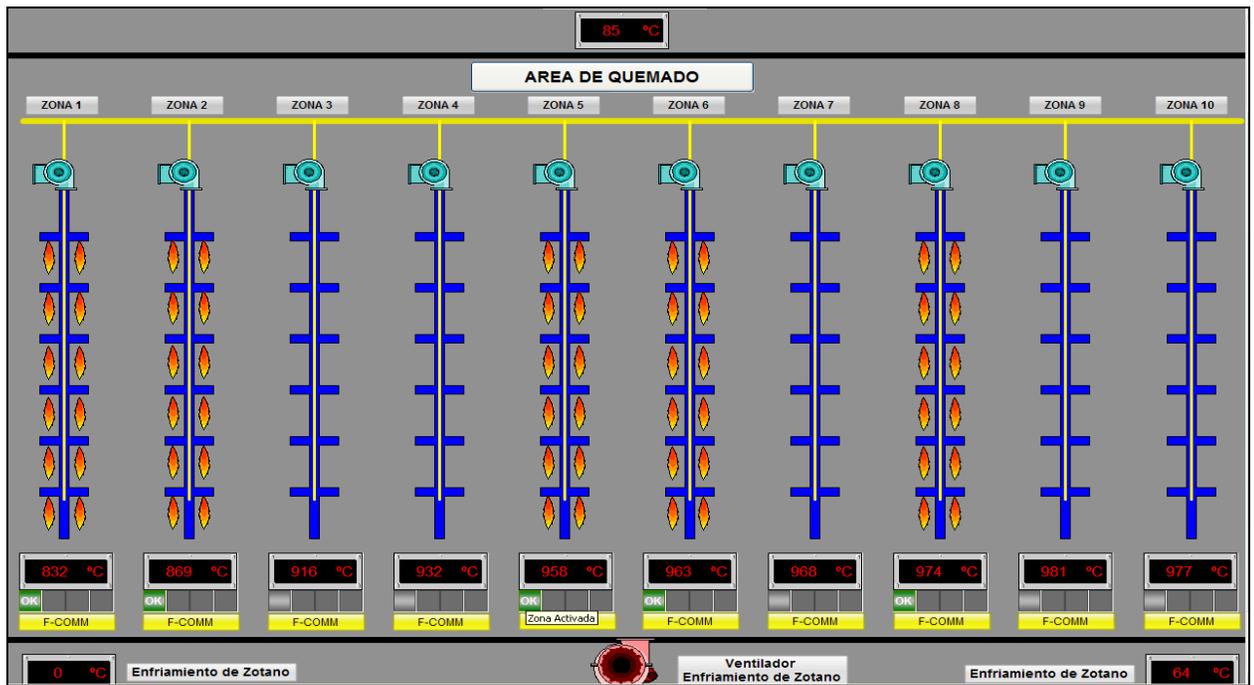


Figura 56. Pantalla de monitoreo y supervisión del estado de los Quemadores ubicados por zonas dentro del área de Cocción.

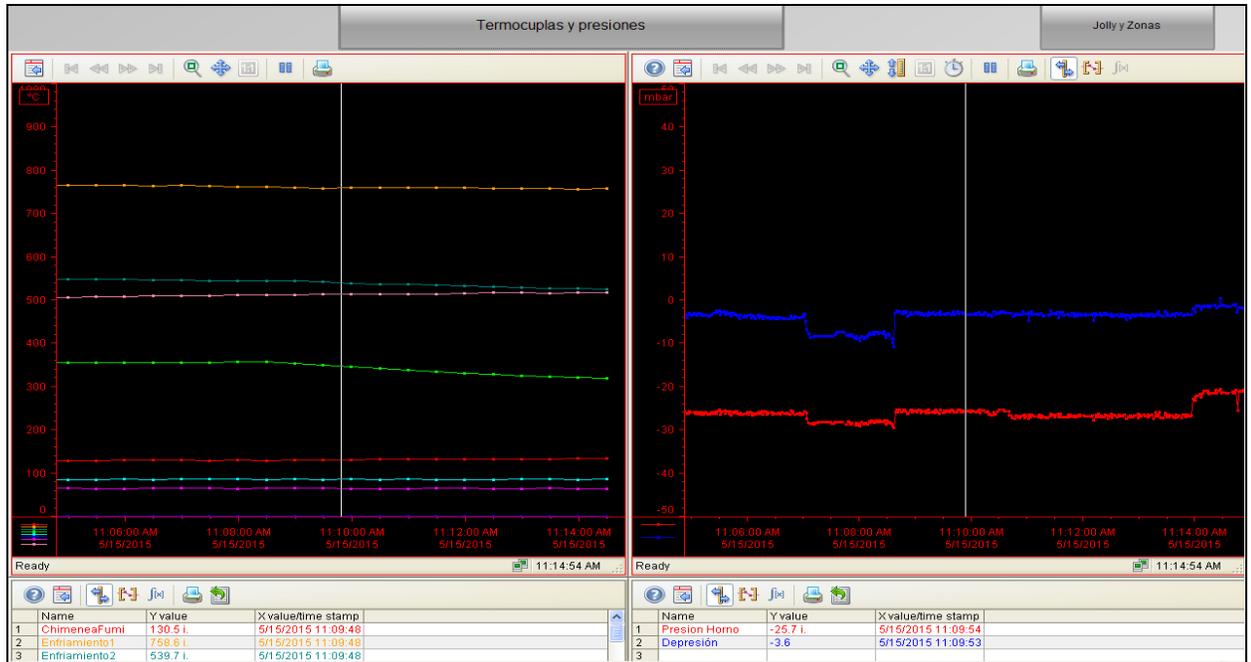


Figura 57. Pantalla con cuadro de tendencias referente a las variables de Temperatura y Presión por zonas, pertenecientes al área de Quemado o Cocción.

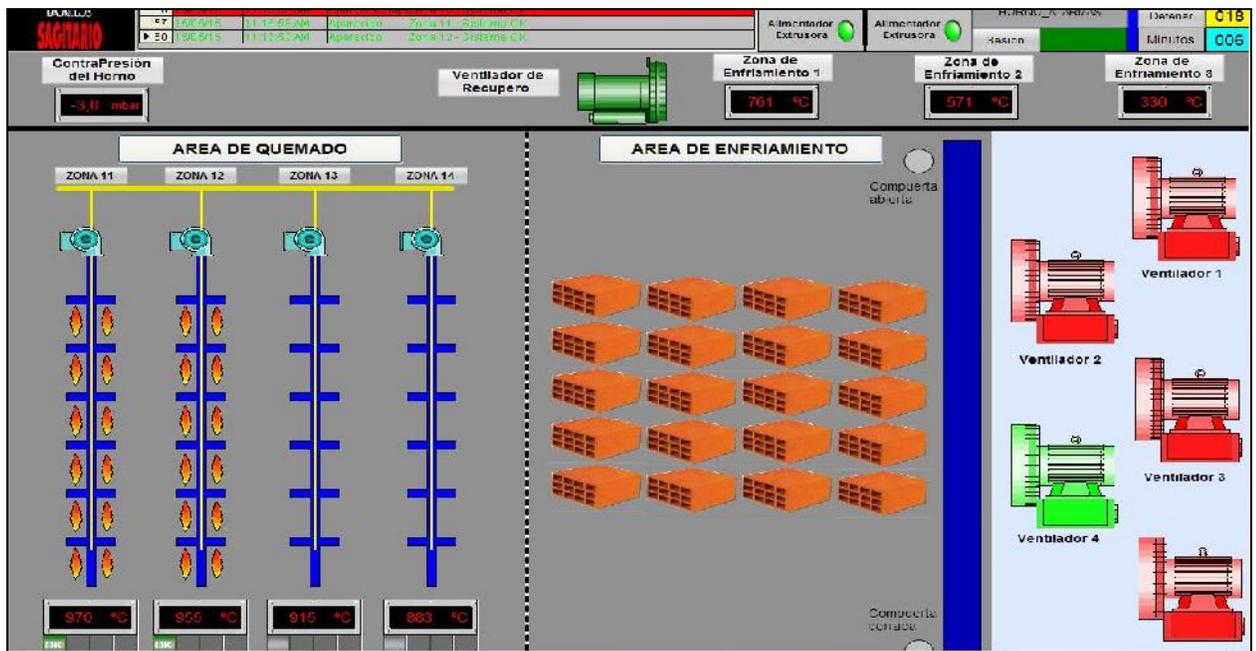


Figura 58. Pantalla de supervisión y monitoreo del área de Quemado y Enfriamiento.

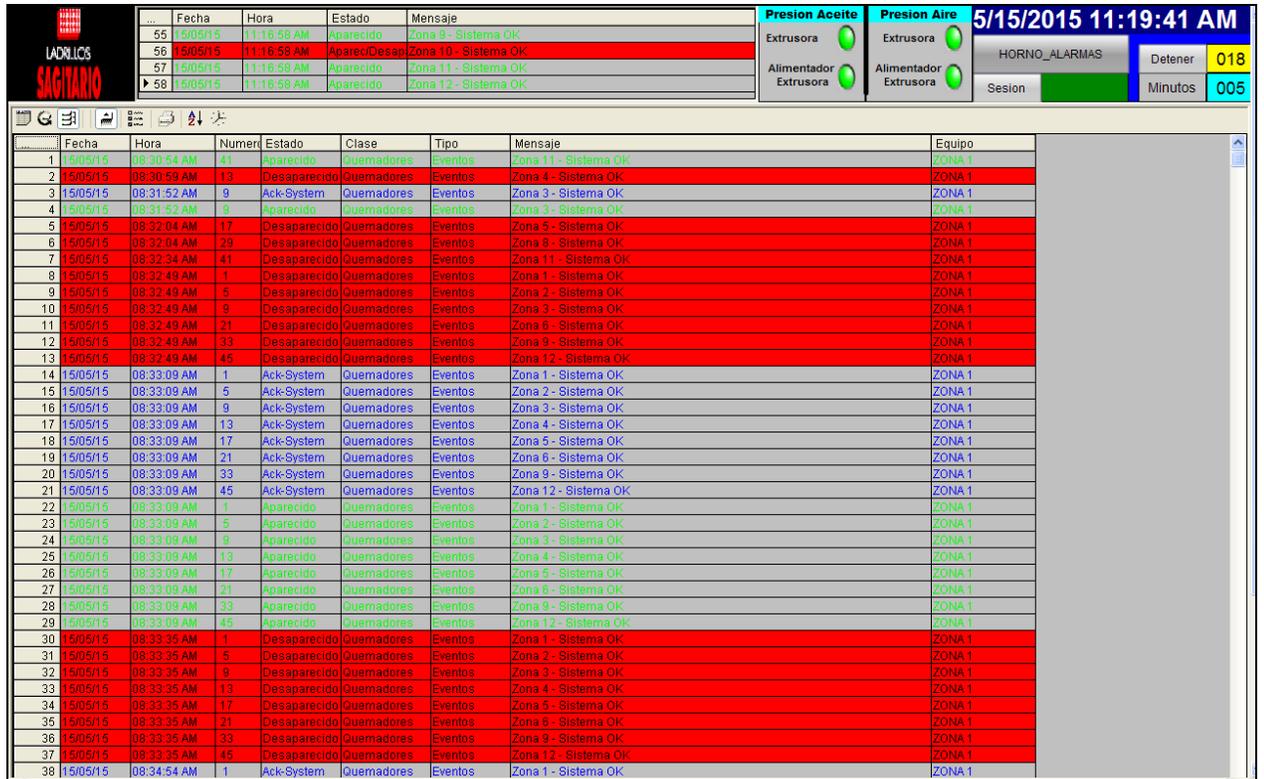
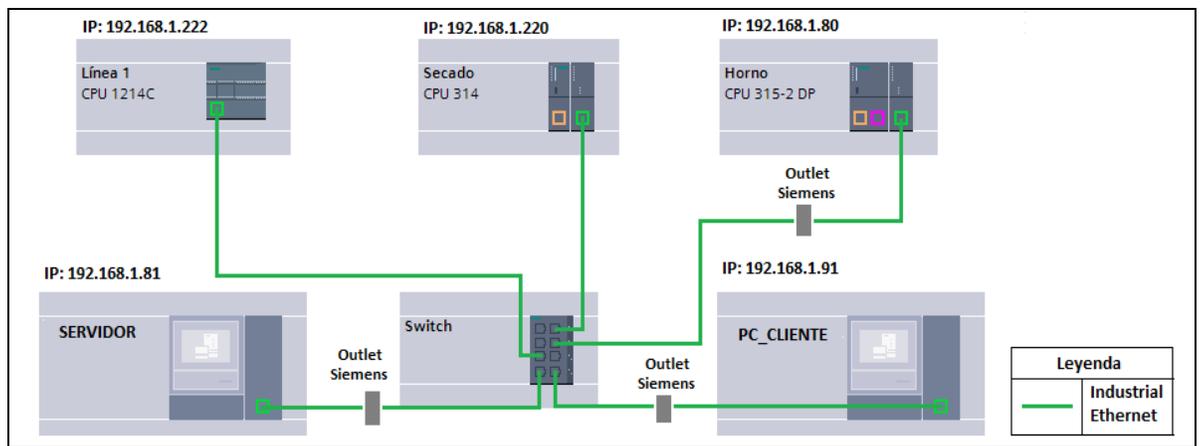


Figura 59. Pantalla del Buffer de estado de los elementos de campo.

### IV.3. Diseño de la Arquitectura de Red.

En la figura 60, se presenta el diseño de la arquitectura de red realizado para la Empresa Ladrillera Sagitario.



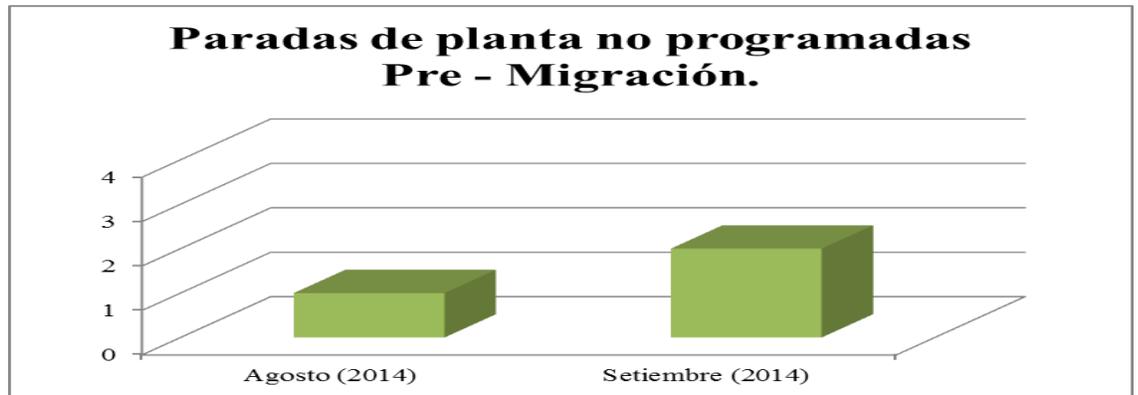
Fuente: Elaboración propia.

Figura 60. Arquitectura de Red para el sistema de control y monitoreo del proceso de fabricación de ladrillos de la Empresa Sagitario.

#### IV.4. Paradas de Planta no Programadas.

##### a. Número de paradas de planta antes de la migración.

En las figura 61, se muestra un gráfico de barras con el número de paradas de planta no programadas acontecidos en los dos últimos meses en la Empresa Ladrillera Sagitario antes de realizar la migración de los controladores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 61. Gráfico de barras con el número de paradas de planta no programadas acontecidas en los dos últimos meses en la Empresa Ladrillera Sagitario S.AC.

##### b. Número de paradas de planta después de la migración.

En las figura 62, se muestra un gráfico de barras con el número de paradas de planta no programadas acontecidos en el período de dos meses en la Empresa Ladrillera Sagitario después de realizar la migración de los controladores e implementación del Sistema SCADA.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Gráfico de barras con el número de paradas de planta no programadas acontecidas en los dos meses de período de prueba una vez realizada la migración en la Empresa Ladrillera Sagitario S.AC.

**c. Comparación del número de paradas de planta no programadas antes y después de la migración.**

En la tabla 18, se muestra la comparación del número de paradas de plantas no programadas acontecidos entre los dos últimos meses antes de la migración y los dos meses de período de prueba una vez realizada la migración.

Tabla 18. Comparación del número de paradas de planta no programadas antes y después de la migración.

	Pre - Migración			Post - Migración		
	<i>Mes</i>	<i>Año</i>	<i>N° de Paradas de planta no programadas</i>	<i>Mes</i>	<i>Año</i>	<i>N° de Paradas de planta no programadas</i>
	Agosto	2014	1	Diciembre	2014	0
	Setiembre	2014	2	Enero	2015	0
Total			3			0

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSION DE RESULTADOS

- La selección de los controladores y demás módulos, se hizo a partir de la recopilación del listado de hardware a migrar y de las recomendaciones que ofrece las guías de migración de hardware “S5 to S7” de Siemens Automation.
- La migración de los bloques de programación de cada uno de los PLC a la plataforma S7 fue llevada a cabo mediante las herramientas de migración que el mismo software Step7 ofrece. La validación de ésta migración se llevó a cabo mediante la compilación de los bloques con la finalidad de corroborar de que alguna instrucción de la plataforma antigua no sea compatible con la nueva.
- Para el desarrollo del Sistema SCADA se hicieron pantallas por cada área, con la finalidad de que el operario pueda identificar rápidamente el estado de los elementos de campo, así mismo se tomó en consideración crear un buffer de estados, en el cual se irían registrando todos los eventos que sucedan con los elementos de campo.
- Para obtener la data proveniente de los controladores y visualizar esa información en el SCADA, se diseñó una arquitectura de red con topología estrella, para lo cual se hizo uso de un switch como punto central y del protocolo de Industrial Ethernet como medio físico para interconectar los PLCs y las PCs.
- El número de paradas de plantas por consecuencias de fallas en el hardware de la antigua plataforma se vio reducida, debido a la adecuada selección del nuevo hardware y a la no alteración de los programas de los PLCs que controlan cada área del proceso de fabricación de ladrillos.

## VI. CONCLUSIONES

- La migración de hardware y software de los seis controladores lógicos programables existentes en las áreas de Línea 1, Secado, Movimiento de vagones, Transporte TRE, Transporte TRU y Transporte de vagones a la entrada del Horno se realizaron exitosamente reduciendo significativamente el número de paradas de planta no programadas.
- El Sistema SCADA desarrollado, permitió tener un monitoreo y control de las áreas de Línea 1, Secado y Cocción. Así mismo mediante éste, la identificación del estado de los elementos de campo presentes en el proceso se hizo más rápida, ya que toda esta información se encuentra dentro de las pantallas del SCADA y el buffer de estados.
- La topología estrella usada en la arquitectura de red, permitió integrar toda la información proveniente de los PLCs S7-1200 de Línea 1, S7-300 de Secado, S7-300 de cocción; centralizar toda esa data en la PC – Servidor y ponerla a disposición de la PC – Cliente.
- La migración de los PLCs del área de Línea 1, Secado, Movimiento de vagones, Transporte TRE, Transporte TRU y Transporte de vagones a la entrada al horno, ocasionó que el número de paradas de planta no programadas durante el periodo de observación (2 meses) fueran reducidas completamente en comparación a las 3 paradas de planta no programadas acontecidas antes de la migración.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer unas modificaciones en la lógica de programación de los PLCs de Línea 1, Secado, transporte de entrada al Horno y Cocción, ya que éstos presentan dentro de su secuencia de funcionamiento señales de confirmación que ponen en marcha la siguiente etapa. Por tanto sería necesario colocar unas marcas de memoria dentro de la lógica de programación del PLC a modificar, que cumplan la función de By Passen dichas señales que dan pase a la siguiente etapa del proceso, las cuales pueden ser activadas y desactivadas desde el SCADA. Toda esta modificación en la programación serviría para que en el caso de que falle uno de los PLCs migrados, no repercuta en una parada de planta no programada de todo su proceso, sino sólo se vea afectada el área del PLC en falla.
- Para tener mayor información del estado de los motores principales (Motor de prensa, Motor amasadora, Motor alimentador prensa, Motor laminador rápido, Motor laminador lento, Motor caolín y Motor molino tierra) del área de Línea 1, es recomendable hacer uso de elementos de supervisión llamados Electronic motor management (EMM). Este tipo de dispositivo permitirá obtener parámetros del motor tales como, tensión de línea, corriente de línea, potencia, factor de potencia, horas de trabajo, etc. Con el propósito de monitorear toda esa data en el SCADA, para que así el área de mantenimiento de la empresa Sagitario tenga una supervisión más completa de sus motores principales y evitar que éstos se puedan dañar.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OGATA, Katsuhiko (2003). *Ingeniería de Control Moderna*, (3ª Edición) México. Editorial Prentice – Hall.
- Miguel Ángel Sabio Vázquez (1999). *Gestión inteligente de sistemas SCADA: memoria del proyecto de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión*. Escola Universitària d'Informàtica de Sabadell
- Benjamin C. Kuo (1996). *Sistemas de control Automático*. editorial Prentice Hall

- [1] Web 01 “Sistemas de control”. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
- [2] Web 02 “Estructuras avanzadas de control”. Recuperado de [http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17212/t5\\_estructuras\\_avanzadas\\_introduccion.pdf](http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17212/t5_estructuras_avanzadas_introduccion.pdf)
- [1] Moreno, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: Ediciones CEAC.
- [2] Norma Técnica Peruana. (2003). Ladrillos de arcilla usados en albañilería.
- Requisitos. (NTP 331.017:2003). Lima: INDECOPI
- [3] Rhodes, D. (1990). Arcilla y vidriado para el ceramista. España: Ediciones CEAC.
- [4] Guerrero, V./ Yuste, R. / Martínez, L. (2008) Comunicaciones Industriales. España, Ediciones MARCOMBO
- [5] Bailey, D./ Wright, E. (2003) Practical SCADA for Industry, IDC Technologies.
- [6] Siemens (2006) Programar con Step 7, Siemens AG 2006.
- [7] Siemens (2007) S7-200 Programmable Controller System Manual, Siemens AG 2007.
- [8] Siemens (2009) S7 Controlador Programable S7-1200, Siemens AG 2009.
- [9] Siemens (2010) Lista de instrucciones (AWL) para S7-300 y S7-400, Siemens AG 2010.
- [10] Siemens (2011) SimaticHmiWincc 7.0 Getting Started, Siemens AG 2011.
- [11] Siemens (2011) Migration Simatic S5 to Simatic S7, Siemens AG 2011.
- [12] Siemens (2013) SimaticS7-1500, Siemens AG 2013.
- [13] Siemens (2013) SimaticS7-300, Siemens AG 2013.
- [14] Siemens (2013) SimaticS7-400, Siemens AG 2013.

- [15] Siemens (2013) SimaticHminWicc 7.2 Configurations, Siemens AG 2013.
- [16] Siemens (2015) Connecting A Pc Station to S7-1200 Using Opc, Siemens AG 2015.

## ANEXOS

### A. Entrevista realizada al Jefe del área de Mantenimiento de la Empresa Ladrillera Sagitario S.A.C, el ingeniero José Castro Riveros.

1) Dentro de la empresa ladrillera Sagitario, ¿cuántas paradas de planta programadas se realizan?

Rpta. En la empresa tenemos dos paradas de planta programadas al año. La primera la realizamos la última semana del mes de junio y la segunda la última semana del mes de noviembre.

2) ¿En qué consisten estas paradas planta?

Rpta. Cada parada de planta dura dos días. Y durante ese tiempo se hace un mantenimiento de todas las máquinas, motores, sensores, polines, fajas transportadoras, etc. También se realiza una limpieza general de los tableros de control, ajuste de borneras y verificación de los cables.

3) ¿Han tenido paradas de planta no programadas a causa de los PLCs?

Rpta. Sí. En el año 2013 tuvimos la primera parada de planta no programada, debido a que en el mes de junio se quemó un módulo de entradas digitales del PLC que controla el área de Secado. Conseguir este módulo fue toda una odisea, ya que en el Perú no había el repuesto. Tuvimos que esperar una semana para poder conseguir el módulo, el cual fue comprado e importado desde Estados Unidos. Durante todo ese tiempo tuvimos que realizar el secado de los ladrillos a través de la Línea 2, es decir secado a la interperie.

A partir de ese entonces, se han presentado 8 paradas de manera intempestiva en el entre los meses de agosto del 2013 y setiembre del 2014 a causa de los PLCs Simatic S5 que tenemos en planta. Durante ese periodo el PLC del área de secado, el PLC de movimiento de vagones, el de entrada al pre-horno, salida de pre-horno y entrada al horno, empezaron a dejar de ejecutar la secuencia de trabajo sin explicación alguna, inclusive estando éstos en RUN.

Para poder salir del apuro, lo que hacíamos era apagar el tablero, desmontar el PLC con sus módulos, limpiarlos, volverlos a colocar y “esperar a que ojalá funcione”. Este tipo de inconvenientes eran muy variantes, ya que han habido meses en los que los PLCs funcionaban con normalidad y otros meses en los que se paraban una o dos veces al mes, lo cual descuadraba todo el proceso.

La última parada que tuvimos fue a mediados de setiembre, pero ésta vez ya sucedió con el PLC que se encarga de controlar de lo que nosotros le llamamos Línea 1. El PLC S7-200, el cual gobierna las etapas de molienda, preparación de

la masa cerámica, y de formación del ladrillo; se paró y se fue a Stop de un momento a otro, lo que hicimos para ese entonces fue llamar de emergencia a Din Automatización para que pueda enviar algún personal de la empresa para que solucione el problema. Lo que el ingeniero hizo fue simplemente pasar de Stop a Run el PLC y éste funcionó nuevamente, lo que si nos recomendó fue migrar el PLC, ya que la falla que se presentó fue probablemente por fallas internas de hardware de los equipos, mas no de software, ya que él realizó previamente el backup del programa y revisó si algún bloque dentro de la programación había originado la detención del PLC.

- 4) ¿Qué consecuencias trajo este tipo de paradas de planta no deseadas por fallas en el PLC?

Rpta. Cuando falló el PLC de la etapa de secado, se tuvo que realizar esta actividad de manera natural y ya no artificial, lo que hizo que el número de ladrillos que producimos diariamente disminuya considerablemente. Así como también se tuvieron que desechar varios ladrillos en preparación. Todos estos problemas se vieron reflejados en pérdidas económicas para la Empresa. En pocas palabras las paradas no programadas que se produjeron por los PLCs Simatic S5 y S7-200, perjudicaron la productividad de la empresa.

- 5) ¿Qué otros inconvenientes presentan ustedes referente a su sistema Automatizado?

Rpta. A parte de las paradas de planta por fallas de los PLCs, tenemos una gran dificultad para poder identificar el estado de los elementos de campo del proceso de línea 1, secado y cocción. Tenemos que ir a verificar el encendido de cada uno, porque para nosotros es de vital importancia saber si los motores, sensores, termocuplas, están operativos. Según lo que me comentan los operarios que se dividen el trabajo de inspección, verificar la Línea 1 les toma unos 5 a 8 minutos aproximadamente, para el secado se duplica ese tiempo y en el horno es donde se demoran más, llegan a tardar hasta unos 25 minutos.

Este “chequeo” se hace crítico cuando uno de los elementos de campo no funciona debido alguna falla (sobrecorriente, sobretemperatura, etc.), ya que nosotros tenemos que hacer el seguimiento de todas las señales del elemento de campo en falla que llegan al PLC, para posteriormente ir descartando con ayuda de los planos eléctricos la posible falla o fallas. Realizar ésta tarea extra ya demanda más tiempo, a veces unos 20 a 30 minutos.

**B. Programas de ingeniería de los PLCs migrados de la Empresa Sagitario.**

<https://drive.google.com/open?id=0B4Tf8MYwkGc5dUIUujRUR2ZwOGs>