

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS DE CONTROL DE PLC DEL
LABORATORIO DE PLC DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO**

**JORGE ANDRÉS ARROYAVE PÉREZ
JONATHAN ROBERTO GARCIA CASTAÑEZ
MARLON ANDRÉS RAMIREZ LONDOÑO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2013

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS DE CONTROL DE PLC DEL
LABORATORIO DE PLC DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO**

**JORGE ANDRÉS ARROYAVE PÉREZ
JONATHAN ROBERTO GARCIA CASTAÑEZ
MARLON ANDRÉS RAMIREZ LONDOÑO**

Trabajo de grado para optar al título de ingenieros electricistas

**Asesora: Mónica Isabel Narváez Patiño
Ingeniera Electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2013**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín, 08 de Mayo de 2013

Dedico este proyecto a mi madre, por su apoyo y amor incondicional, de igual forma a mi esposa y en especial a mi hija Isabella por convertirse en mi razón de ser.

Jorge A. Arroyave Pérez

Agradezco inmensamente a mi familia por darme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios y de igual forma al proyecto gubernamental de presupuesto participativo por la ayuda financiera que me brindaron.

Jonathan R. García Castañez

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un cordial saludo y sus agradecimientos a:

La Institución Universitaria Pascual Bravo y al Ingeniero Byron Álvarez Decano del Departamento de Ingeniería Eléctrica por su apoyo durante el proyecto, al permitirnos desarrollarlo e implementarlo en la Institución.

A nuestra asesora, la Ingeniera Mónica Narváez Patiño por brindarnos su apoyo; confianza, su gran experiencia y conocimiento en el desarrollo de este proyecto,

A todos los antes mencionados mil gracias por las contribuciones significativas al proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
2. PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 OBJETIVO GENERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
5. REFERENTES TEÓRICOS	17
5.1 PLC SIEMENS S7 300	17
5.2 PULSADORES	22
5.3 PILOTOS	22
5.4 BORNERAS DE CONEXIÓN	22
5.5 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	23
5.5.1 Interruptor Automático Ajustable	23
5.5.2 Interruptor Automático de Disparo Instantáneo	23
5.5.3 Interruptor Automático de tiempo Inverso	23
5.5.4 Interruptor Automático No Ajustable	23
5.6 CANALETA NO METÁLICA	24
5.7 FUENTES DE VOLTAJE	24
5.7.1 Fuentes DC Lineales	24
5.7.2 Fuentes DC Conmutadas	24

6.	METODOLOGÍA	25
6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
6.2	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	25
6.2.1	Primarias	25
6.2.2	Secundarias	25
6.3	PROCEDIMIENTO	25
6.4	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	28
6.4.1	Recursos Humanos	28
6.4.2	Recursos Técnicos	28
6.4.3	Recursos Institucionales	28
6.4.4	Recursos Financieros	28
7.	RESULTADOS DEL PROYECTO	29
7.1	MÓDULO PLC EXISTENTE	29
7.2	DISEÑO DEL MÓDULO PLC NUEVO	30
7.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO DE PLC	33
7.3.1	Totalizador General VAC	33
7.3.2	Porta Fusible 20mm Contactclip	34
7.3.3	Fuente Voltaje Corriente Directa	34
7.3.4	Totalizador General VDC	35
7.3.5	Borneras de conexión por Tornillo e Instalación en riel din	35
7.3.6	Canaleta Ranurada de Control	36
7.3.7	Marcadores de Anillo	36
7.3.8	Terminales de Conexión tipo pin	37
7.3.9	Pilotos	37

7.3.10 Elementos Maniobra y Control	38
7.3.11 Pantalla HMI Siemens KTP600	38
7.4 RESULTADO REDISEÑO MÓDULO PLC	39
7.5 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULO DE PLC	42
7.5.1 Elementos	42
7.5.2 Vista Posterior del Módulo	42
7.5.3 El Encendido del Módulo	43
7.5.4 Proceso Hombre Maquina	43
8. CONCLUSIONES	45
9. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFIA	47
ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla Características Técnicas PLC S7-300

18

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. PLC Siemens S7-300	18
Ilustración 2. Diagrama de Flujo del Trabajo de Grado	27
Ilustración 3. Vista Frontal Módulo PLC con HMI	31
Ilustración 4. Vista Posterior Módulo PLC con HMI	31
Ilustración 5. Vista Frontal Módulo PLC Sencillo	32
Ilustración 6. Vista Posterior Módulo PLC Sencillo	32
Ilustración 7. Mini Breaker IC60N 1x4A	33
Ilustración 8. Porta Fusible 20mm Contactclip	34
Ilustración 9. Fuente voltaje VDC marca EBC	35
Ilustración 10. Bornera de conexión tipo tornillo	36
Ilustración 11. Canaleta plástica ranurada 40x40mm	36
Ilustración 12. Marcador de anillo en conductores	37
Ilustración 13. Conector pre-aislado tipo Pin	37
Ilustración 14. Piloto tipo LED 24VDC Ø22mm	38
Ilustración 15. Pulsadores e Interruptores tipo palanca.	38
Ilustración 16. Pantalla HMI KTP600 Siemens	39
Ilustración 17. Ubicación de Módulos PLC y PCs en el Aula de Clase	41

LISTA DE IMÁGENES

Fotografía 1. Módulos de PLC y Puesto de Trabajo Existentes	29
Fotografía 2. Resultados Implementación del Módulo PLC.	39
Fotografía 3. Módulos de PLC y Puesto de Trabajo Intervenidos.	40
Fotografía 4. Descripción Elementos Parte Posterior Módulo PLC.	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. PLANOS MÓDULO PLC SIN HMI	48
Anexo 2. PLANOS MÓDULO PLC CON HMI	57

INTRODUCCIÓN

La Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con una aula de clases ubicado en el bloque 5 de dicha institución, es estos espacios se llevan a cabo actividades de enseñanzas en el manejo de sistemas de control y en especial en el manejo del PLC S7-300. El aula está dotada con 9 puestos de trabajo de los cuales, cada puesto cuenta con un computador y el PLC integrado por una fuente de voltaje, CPU, dos pares de módulos de entrada y salida se señales análogas y digitales y 16 interruptores tipo codillo para que los estudiantes simulen las señales que normalmente integran un sistema de control.

Estos puestos de trabajo que contienen el PLC fueron diseñados ya hace varios años y en su momento cumplían con las exigencias y condiciones de la época. El diseño actual y existente permite que los estudiantes simulen sus prácticas académicas de forma adecuada, no obstante permite la manipulación directa de las terminales de conexión de las entradas y salidas del PLC, lo cual pone en eminente riesgo de daños permanentes de dicha máquina y por el uso diario van disminuyendo su vida útil, ya que entran a manipular elementos no intercambiables y que no están diseñados para usos pedagógicos tipo pesado en el PLC.

Es por ello que se hace necesario actualizar y rediseñar el espacio de trabajo y los módulos del PLC de modo que el nuevo mueble permita: en primera instancia proteger el S7-300 de malos manejos y facilite las conexiones de forma segura, dichas conexiones se realicen sobre elementos intercambiables y de bajo costo, visualizar elementos de control y actuadores que ayuden a identificar y relacionar las señales de control con los actuadores que tendrá cada módulo del PLC y que se usan comúnmente en la industria, tener una fuente de voltaje en VCD de 24V que facilite a los usuarios a conectar circuitos electrónicos y otros periféricos que requieran de una fuente diferente de la red eléctrica y lo más importante contar con elementos activos de protección y accionamiento que ayuden a proteger el PLC de sobrecorrientes o malas conexiones en su salidas y entradas.

Todas estas reformas están enfocadas en posicionar el laboratorio de PLC del IUPB como uno de los mejor equipados y actualizados a nivel universitario del país y de igual forma lograr que los estudiantes adquieran destrezas y puedan simular diferentes procesos y situaciones de control que normalmente se presentan en los diseños de los sistemas de control y automatización comercial e industrial.

2. PROBLEMA

El aula de clase de control de PLC del bloque 5 cuenta con 9 módulos de trabajo, los cuales contienen:

- Módulo de PLC
 - o PLC Siemens S7-300 el cual contiene: MPI, CPU, fuente de voltaje, módulos de entradas y salidas digitales y entradas y salidas análogas.
 - o Bastidores PLC.
 - o Interruptores tipo codillo
 - o Base metálica para soportar todos los elementos antes mencionados.
- Cable conversor serial-USB para la comunicación y programación del PLC y el computador.
- Computadores, de los cuales 5 PCs fueron recientemente actualizados y 4 PCs que estaban en muy malas condiciones.
- Mesas de trabajo

Con los elementos antes mencionados se desarrollaban las prácticas académicas y para la visualización de las variables de control se utilizaban los pilotos de señalización que contiene el PLC S7-300. De igual forma los módulos de trabajo fueron diseñados hace varios años, bajo unos estándares de diseño aceptables para la época en que fueron instalados, los módulos existentes no permiten proteger el PLC de manipulaciones continuas y de igual forma a nivel pedagógico no permite que los usuarios visualicen de forma real que se está haciendo y las posibles aplicaciones que puede tener el manejo del PLC.

Con base en esto, se vislumbró la necesidad de actualizar los puestos de trabajo, con un nuevo diseño que integre elementos de señalización y control de común uso en la industria, que permita la protección del PLC y que contenga elementos adicionales para la conexión de periféricos tales como fuentes VDC, todo enfocado a facilitar la comprensión de las componentes físicas que integran un proceso de control y lo más importante salvaguardar los activos que el Instituto Universitario Pascual Bravo tiene actualmente.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se requiere que los profesionales que se forman en las universidades tengan una preparación bien estructurada y a la vanguardia de los adelantos científicos mundiales. En estrecha relación a estos procesos de formación en las academias, está en que las instituciones educativas contengan los elementos lúdicos necesarios para que sus integrantes puedan adquirir destrezas de gran beneficio tanto para el alumno, como para la institución y las industrias.

La Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con la infraestructura y los recursos académicos para formar profesionales altamente competitivos y de gran valor agregado, no obstante estos recursos con los que cuenta actualmente entran en un proceso normal de desactualización debido a los adelantos tecnológicos; estos avances a nivel general vienen acompañados con mejores: prestaciones, precisión, velocidad de respuesta, mejor eficiencia y con nuevos protocolos de comunicaciones que buscan obtener el máximo de rendimiento para una aplicación específica y comunicarse con periféricos de diferentes marcas sin necesidad de elementos adicionales. Es por ello que el planteamiento de rediseñar y dotar los puestos de trabajo del aula de PLC con elementos nuevos y diseñados para que protejan a los usuarios de choques eléctricos, se proteja los PLC de malas manipulaciones y a su vez permitan un desarrollo integral y profesional de los usuarios del aula de clase de PLC del bloque 5, es de gran importancia para el IUPB.

Con estos cambios se lograría que los estudiantes adquieran destrezas de vanguardia y de uso en la industria nacional, conocer y manejar los nuevos protocolos de comunicación, adquirir destrezas de diseño eléctrico y de comunicaciones y de igual forma el IUPB tendría una aula de clase moderna, que posicionaría a la institución como una de las mejores universidades en el manejo y diseño de sistemas de control y automatización.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar los módulos de control de PLC del laboratorio de PLC de la Institución Universitaria Pascual Bravo con el fin de mejorar y actualizar las condiciones físicas, operacionales y didácticas del mueble que contiene el PLC Siemens S7-300.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar los módulos de control que contienen los PLC S7-300 de tal forma que los estudiantes puedan simular y conectar de forma fácil y segura variables básicas de control y potencia.
- Elegir elementos finales de control y señalización adecuados para el uso diario, que permitan y faciliten el manejo de dispositivos periféricos.
- Elaborar un manual de mantenimiento y especificaciones técnicas que permita al personal de la institución Universitaria Pascual Bravo en primera instancia conocer técnicamente todo el módulo de control de PLC.
- Elaborar un manual de funcionamiento general del módulo de control de PLC.

5. REFERENTES TEÓRICOS

El diseño de un módulo o tablero de control puede tener gran variedad de alcances técnicos según la aplicación específica para la cual se implementando, por tal razón y dado que el proyecto parte de unas condiciones y elementos existentes sobre los cuales se hace una mejora, se explica en las siguientes líneas los elementos que componen en módulo de control y que de igual forma hacen parte de los diferentes sistema de control en la industria.

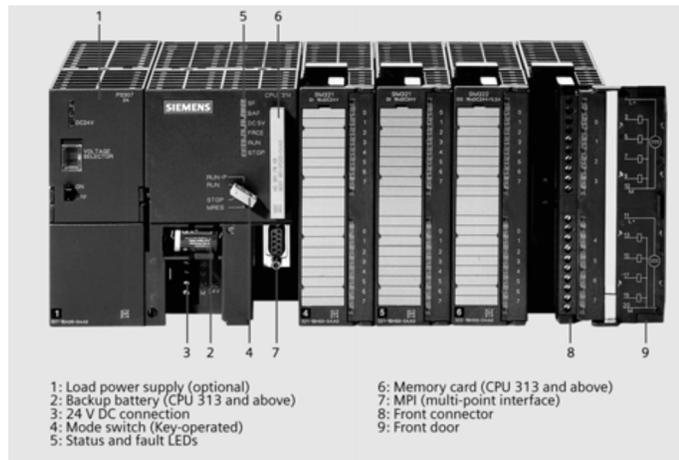
5.1 PLC SIEMENS S7 300¹

La palabra PLC tiene el acrónimo de Programmable logic controller (controlador lógico programable) el cual hace alusión a un dispositivo electrónico que permite programarse a nivel de software para ejecute una tarea predeterminada y su hardware tiene incorporado una salidas y entradas digitales de estado sólido y analógicas de corriente o voltaje que permite accionar elementos finales de control o señalización de forma automática.

En el mercado existente gran variedad de productos y marcas que comercializan PLCs, cada uno con unas especificaciones técnicas que se adecuan a las diferentes condiciones de diseño y procesos a controlar. Uno de estos productos y proveedores de PLC es la empresa Siemens y su referencia de PLC S7-300, el cual cuenta con las siguientes componentes y características técnicas:

¹ <http://www.investigacion.frc.utn.edu.a>

Ilustración 1. PLC Siemens S7-300



Fuente: <http://www.investigacion.frc.utn.edu.a>

Tabla 1. Tabla Características Técnicas PLC S7-300

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES S7 300	
VARIABLE	CARACTERISTICA
Grado de protección	IP20
Temperatura ambiente (instalación horizontal)	0 a 60 °C
Humedad Relativa	5 a 95% sin condensación
Presión atmosférica	795 a 1080 hPa
Aislamiento (24VDC/230VAC)	500 VDC/ 1460VAC

CPU	
COMPONENTE	CARACTERISTICA
Software de programación	Step 7 versión 5.1 + sp4
Memoria RAM (integrada)	128KB
Tiempos de ejecución (bit/Word/punto fijo/punto flotante)	0.1 μ S/0.2 μ S/2.0 μ S/6 μ S
S7 contadores	256
Rango del contador	0 a 999
S7 temporizadores	256
Rango de los temporizadores	10mS a 9990 S
Rangos de almacenamiento	2048 Bytes
Bit de memoria de reloj	8
Variables	Inputs/outputs/flag/DBs/Timers/Counters
Número máximo de variables	30
Comunicaciones	PG/OP
Tipo de Interface	Interface integrada RS485

Diseño físico	RS485
Dimensiones de montaje [W x H x D (mm)]	40x125x130
Peso	290g
Voltaje de la fuente	24VDC
Consumo de corriente	1 A
Fusible externo recomendado	2 ^a
MÓDULOS DIGITALES I/O	
Número de entradas	8
Voltaje	24 VDC
"1" lógico	13 a 30 VDC
"0" lógico	-30 a 5 VDC
Corriente de entrada ("1" lógico)	7mA
Número de salidas	8
Voltaje	24 VDC
Máxima Corriente de salida	0.5 A

Carga máxima de salida	5W
MÓDULOS ANALOGOS I/O	
Número entradas	4 entradas análogas rápidas
Número de salidas	4 salidas análogas rápidas
Rangos voltaje de entrada	0 a 10VDC
Rangos corriente de entrada	0 a 20mA
Resolución	14 bits
FUENTE	
Rango de voltaje input	120/230VAC
Rango frecuencia input	47 a 63Hz
Corriente máxima (120V/230V) input	2.1A/1.3A
Voltaje salida	24 VDC
Corriente output	2 A
Grado de protección	IP20

Fuente: <http://www.investigacion.frc.utn.edu.a>

Este tipo de PLCs tiene grandes ventajas operacionales y una gran robustez, lo que permite implementar este tipo de elementos en ambientes ruidosos y de altas interferencias electromagnéticas. Tiene diversas áreas de aplicación entre ellas están: sistemas de transporte, sistemas de elevación, líneas de ensamblaje, control de bombas, etc.

5.2 PULSADORES

Son pulsadores de retorno por resorte que permiten controlar y generar una señal de voltaje o de corriente tipo impulso con el objeto de lograr una función específica o accionar algún elemento final de control. Este tipo de elementos tiene incorporado contactos normalmente abierto (N.A) y/o normalmente cerrado (N.C), de igual forma los diferentes fabricantes producen estos elementos con diferentes especificaciones físicas para diferentes ambientes, colores para denotar alguna función (start, stop, inversor de giro, etc.), enclavamientos mecánicos y pulsadores lumínicos para facilitar el tema de señalización.

5.3 PILOTOS

Son elementos de señalización lumínica, contienen LEDs que vienen de fábrica en color amarillo, azul, rojo, blanco, naranja y verde, funcionan normalmente a 12 o 24VDC, vienen de cabeza circular, cuadrado o rectangular. Son ampliamente usados para denotar el estado del accionamiento de elementos finales de control, señales y variables de un proceso de control.

5.4 BORNERAS DE CONEXIÓN

Son elementos de conexión y derivación que permiten conectar cables eléctricos para hacer transiciones o dejar punto de inspección y prueba en tableros eléctricos de control. Vienen de fábrica de diferentes especificaciones físicas, tales como bornes aisladas y no aisladas, para diferentes calibres de conductores, de diferentes capacidades de conducción eléctrica y son de montaje sobre riel din, lo cual permite realizar derivaciones seguras y organizar de forma lógica el cableado eléctrico en un tablero de control.

5.5 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS²

Dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito de manera automática cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de sus valores nominales de operación.

Los medios de apertura automática pueden ser: integrados, que actúan directamente con el interruptor automático, o situados a distancia de mismo (remotos). (ICONTEC NTC2050, 2008)

5.5.1 Interruptor Automático Ajustable

Calificativo que indica que el interruptor automático se puede ajustar para que dispare a distintas corrientes, tiempos o ambos, dentro de un margen predeterminado. (ICONTEC NTC2050, 2008)

5.5.2 Interruptor Automático de Disparo Instantáneo

Calificativo que indica que no se establece a propósito un retardo en la acción de disparo de interruptor automático. Este tipo de elementos se usa normalmente para la protección de equipos electrónicos sensibles a variaciones bruscos de corriente. (ICONTEC NTC2050, 2008)

5.5.3 Interruptor Automático de tiempo Inverso

Calificativo que indica que se introduce a propósito un retardo en la acción de disparo del interruptor automático, retardo que es menor a medida que aumenta la intensidad de la corriente. (ICONTEC NTC2050, 2008)

5.5.4 Interruptor Automático No Ajustable

Calificativo que indica que el interruptor automático no tiene ninguna regulación que altere el valor de la corriente a la cual se dispara o el tiempo necesario para su accionamiento. (ICONTEC NTC2050, 2008)

² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código Eléctrico Colombiano. Primera Actualización, Bogotá: ICONTEC, 1998. Capítulo 1, Página 12 (NTC 2050)

5.6 CANALETA NO METÁLICA³

Las canaletas no metálicas para cables son cajas de material no metálico retardante de la llama, con tapa abisagrada o removible, para albergar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalada la canaleta, como un sistema completo. (ICONTEC NTC2050, 2008)

5.7 FUENTES DE VOLTAJE

Es un dispositivo electrónico que convierte un voltaje de corriente alterna (VAC) de la red eléctrica externa en uno o en varios voltajes de corriente directa (VDC). Las fuentes de voltaje directo pueden clasificarse de dos tipos:

5.7.1 Fuentes DC Lineales

Su configuración operacional es relativamente sencilla consta de un transformador que disminuye la tensión del voltaje alterno de la red de suministro exterior y proporciona un aislamiento galvánico, luego la señal de voltaje es rectificadora por medio de una puente de diodos (semiconductores) en donde se obtiene una señal alterna sin ciclos negativos, luego la señal pasa por un filtro donde se disminuye el rizado, ya con esta señal y por medio de un regulador de voltaje (semiconductores) se acondiciona la señal para que tenga un valor fijo denominado voltaje de corriente directa VDC.

5.7.2 Fuentes DC Conmutadas

Es un dispositivo electrónico que convierte la señal de voltaje mediante transistores en conmutación entre 20KHz y 100KHz y polarizados en su zona activa de amplificación, la señal cuadrada obtenida es enviada a transformadores con núcleos de ferrita para obtener una o varias señales de voltaje alterno de menor amplitud, luego la señal es rectificadora y filtrada para obtener una señal de voltaje de corriente directa.

³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código Eléctrico Colombiano. Primera Actualización, Bogotá: ICONTEC, 1998. Capítulo 3, Página 284 (NTC 2050)

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada en este trabajo será de tipo aplicada, debido a que todos los equipos y materiales utilizados serán instalados y puestos en funcionamiento en el Institución Universitaria Pascual Bravo para el beneficio de los docentes, estudiantes y toda la comunidad en general.

6.2 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

6.2.1 Primarias

Se contara en primera instancia con el apoyo de empresas privadas con experiencia en la implementación y diseños de módulos de control y adicional con información extraída de libros, tesis, trabajos realizados en otras Universidades y el aportes realizados por los diferentes docentes de la institución.

6.2.2 Secundarias

Se consultaran los catálogos del proveedor de los equipos, revistas técnicas, bases de datos de temas técnicos relacionados con la investigación, diccionarios técnicos y demás fuentes de información secundaria.

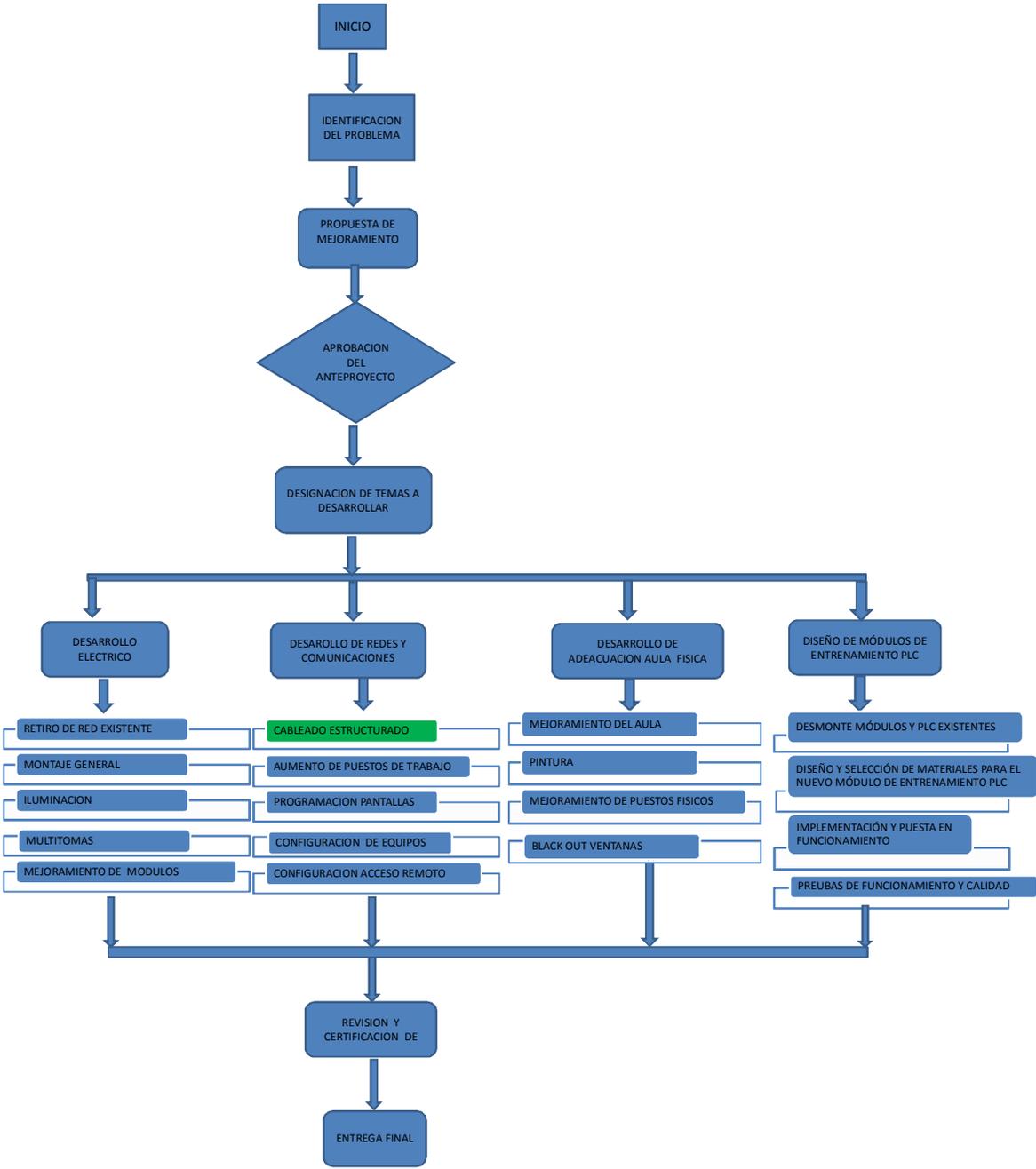
6.3 PROCEDIMIENTO

Las actividades que se desarrollaron en el proyecto fueron:

- Levantamiento arquitectónico y eléctrico del aula de PLC.
- Reconocimiento de los componentes y dispositivos eléctricos y electrónicos que se van a modificar y repotencializar.
- Clasificación de la información
- Realización de los diseños y presupuesto general
- Consecución de contratistas especialistas en sistemas de control y potencia

- Consecución de materiales y equipos
- Reuniones para asesorías
- Montaje de los materiales, equipos y conexionado según el diseño proyectado
- Pruebas de funcionamiento y detección de fallas
- Correctivos y pruebas de calidad y conectividad
- Certificado de los módulos
- Entrega oficial al IUPB

Ilustración 2. Diagrama de Flujo del Trabajo de Grado



Fuente: Diagrama realizado por los estudiantes

6.4 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

6.4.1 Recursos Humanos

Se contará con el apoyo de empresas del sector privado especialistas en el diseño y construcción de tablero eléctricos y de control. De igual forma el grupo de trabajo y con el apoyo de la asesora del proyecto de grado se estudiará y se elegirán los materiales más adecuados para el proceso de diseño, construcción e implementación del módulo de control de PLC.

6.4.2 Recursos Técnicos

Se contará con herramientas de diseño y medición, tales como computadores, software de diseño y cálculos, fluxómetros, cámara fotográfica e impresora.

6.4.3 Recursos Institucionales

El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones físicas del aula de PLC del bloque 5 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, en donde funciona actualmente el aula de clase de sistema de control automático y PLC.

6.4.4 Recursos Financieros

El proyecto será financiado en su totalidad por los estudiantes que actualmente cursan el décimo semestre de ingeniería eléctrica, en convenio con el Instituto Tecnológico Pascual Bravo mediante un acuerdo administrativo de beneficio mutuo.

7. RESULTADOS DEL PROYECTO

7.1 MÓDULO PLC EXISTENTE

El módulo de PLC con el que contaba la Institución Universitaria Pascual Bravo era la siguiente:

Fotografía 1. Módulos de PLC y Puesto de Trabajo Existentes



Fuente: Fotografía tomada por los estudiantes

Como se observa en la fotografía el puesto de trabajo cuenta un computador completo con conexión a internet y un PLC s7-300 con 4 módulos de entradas (I/O digitales y I/O análogos) con un bastidor metálico que soporta 16 interruptores tipo codillo, estos últimos les permiten a los usuarios simular señales digitales de entrada para semejar procesos de control y las salidas digitales como tal no son usadas, solo se aprovecha la señalización (pilotos) que contiene el módulo de

salidas digitales para poder visualizar y semejar que se esta llevando un accionamiento. Los aspectos con el que contaba este módulo de control son los siguientes:

- El módulo existente usaba la fuente de 24 VDC del PLC para suministrar energía a los interruptores tipo codillo y con ello conectar al módulo de las entradas digitales, con el objeto de que el estudiante pudiera simular las señales digitales de control.
- El módulo existente no cuenta con elementos de protección termo magnéticas a la entrada de la fuente de la red externa VAC; de igual forma no tiene fusibles de rápido disparo que proteja la fuente de 24 VDC en caso de un corto o mala conexión de las salidas o entradas digitales.
- En las prácticas académicas, los estudiantes comienzan a realizar conexiones directas en los módulos de entrada y salidas del PLC y con el uso diario y no supervisado se estaba presentando una disminución de la vida útil del PLC por malas manipulaciones.

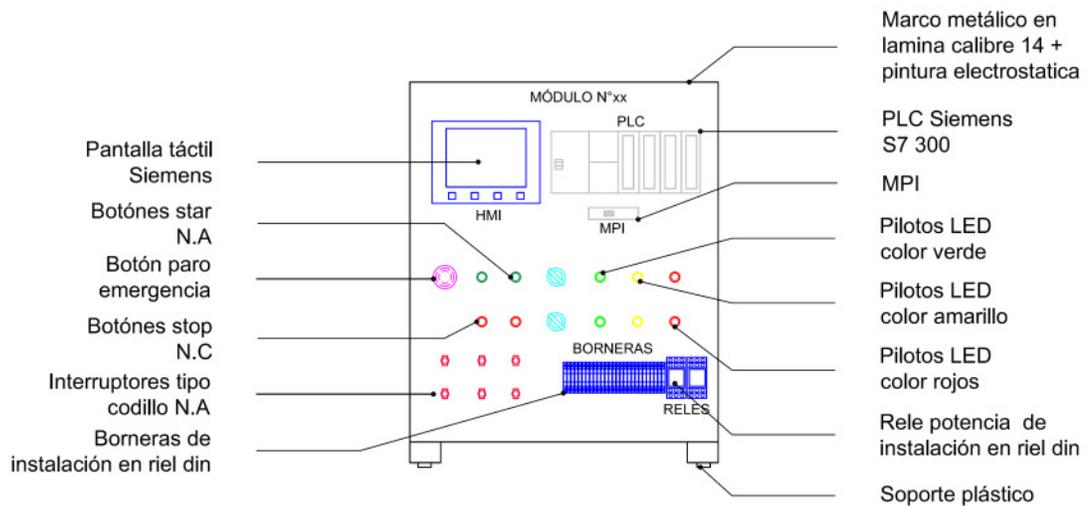
Con base en lo anterior se vislumbró la necesidad de diseñar un nuevo módulo de control y entrenamiento, en donde el usuario tenga a su disposición elementos de control y señalización ampliamente utilizados en la industria para que de este modo puedan asemejar y simular de forma más real las practicas académicas.

7.2 DISEÑO DEL MÓDULO PLC NUEVO

Para el diseño del nuevo módulo de PLC se entró en primera instancia en la selección de elementos de señalización (HMI Siemens, pilotos tipo LED de varios colores), control (botoneras tipo codillo, borneras de conexión, start, stop, paro emergencia, etc.) y protecciones (fusibles y breakers) de altas prestaciones operacionales, para con ello garantizar la durabilidad del módulo de PLC. Luego se pensó en el tipo de estructura que soportaría todos los elementos, esta debía ser de una alta robustez mecánica y de acabados de gran durabilidad.

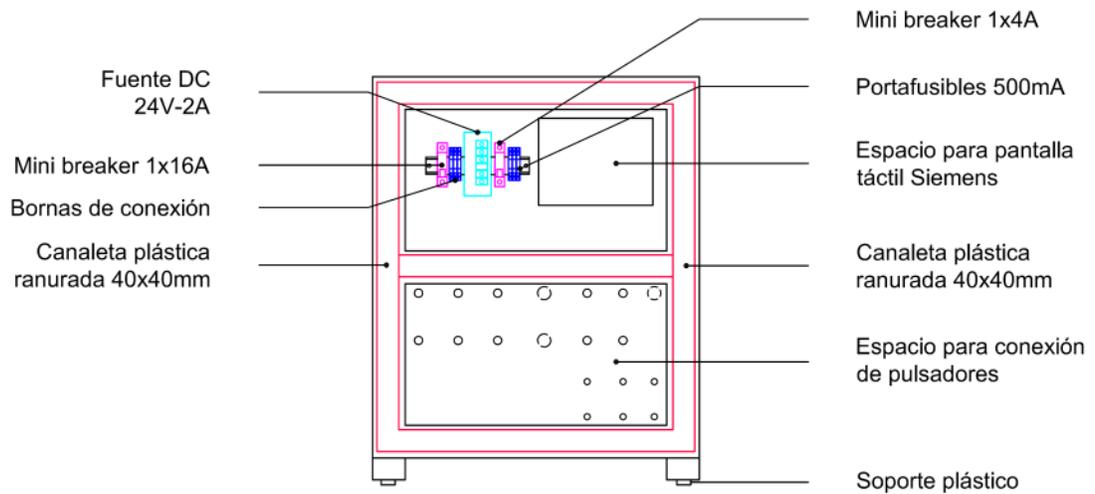
Con base en estas premisas se desarrolló el esquema inicial de diseño, obteniendo el siguiente resultado:

Ilustración 3. Vista Frontal Módulo PLC con HMI



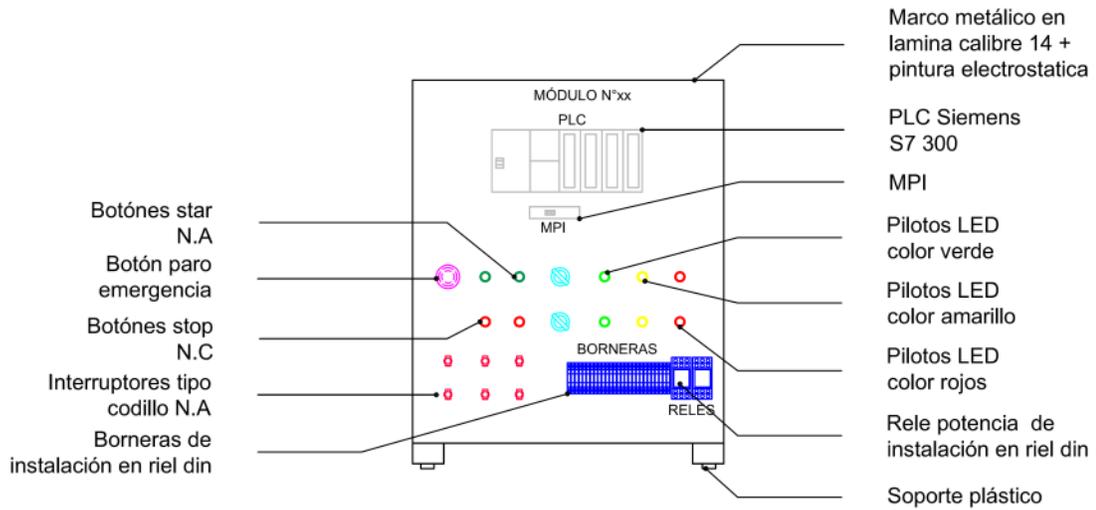
Fuente: Esquemas de diseño realizado por los estudiantes.

Ilustración 4. Vista Posterior Módulo PLC con HMI



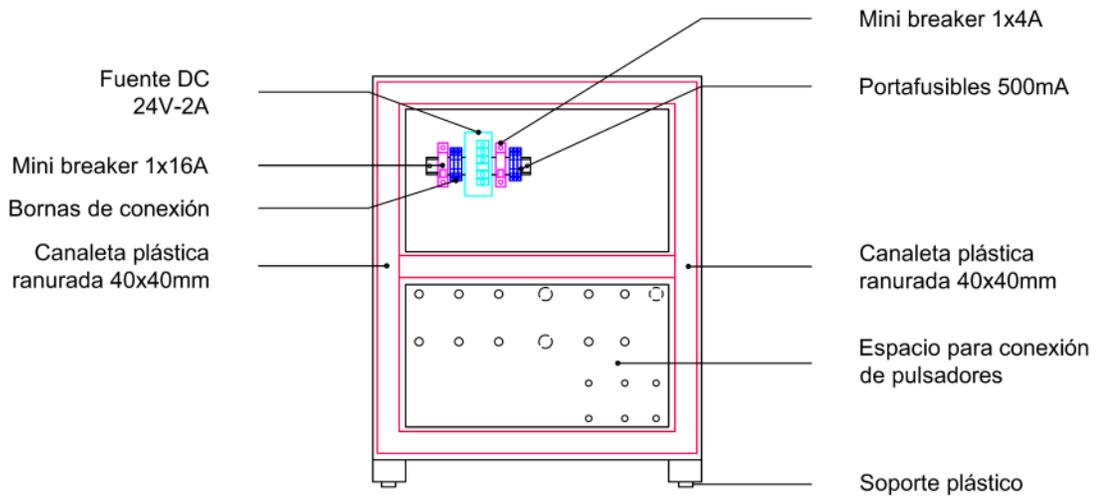
Fuente: Esquemas de diseño realizado por los estudiantes.

Ilustración 5. Vista Frontal Módulo PLC Sencillo



Fuente: Esquemas de diseño realizado por los estudiantes.

Ilustración 6. Vista Posterior Módulo PLC Sencillo



Fuente: Esquemas de diseño realizado por los estudiantes.

Uno de los principales objetivos del rediseño del módulo, busca en primera instancia proteger el PLC S7-300 de malas conexiones y manipulaciones, de igual forma se instalaron fusibles y breakers de rápido disparo para dar mayor seguridad y protección al momento de realizar conexiones directas en las borneras de entrada y salida que se interconectan con el PLC.

Otro objetivo claro del nuevo diseño, es que los usuarios del módulo puedan manipular elementos finales de control y señalización de habitual uso en la industria, esto con el ánimo que las prácticas académica ilustren de forma casi real los procesos de control.

7.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO DE PLC

7.3.1 Totalizador General VAC

El módulo funciona a 120VAC con conexión a la red normal de energía, cuenta con una clavija que permite conexiones a toma corrientes Nema 5-15R a 1P-3H. En el módulo cuenta con totalizador general tipo mini breakers IC60N-1x4A de instalación en riel din.

Desde este dispositivo el usuario tiene control total de la energización del módulo (fuente del PLC S7-300) y todos sus periféricos (fuente 24VDC y salidas digitales), de igual forma sirven como elemento final de protección termo-magnético.

Ilustración 7. Mini Breaker IC60N 1x4A



Fuente: <http://www.schneider-electric.com.co>

7.3.2 Porta Fusible 20mm Contaclip

Este elemento contiene fusibles de 20mm a 2A intercambiables. El módulo de PLC cuenta con 4 unidades provistas con dichos elementos que protegen y suministran energía a 120VAC y 24VDC a:

- Salidas digitales PLC S7-300, 120VAC.
- Pantalla HMI Siemens, +24VDC.
- Bornera, +24VDC.
- Disponible (RSV) +24VDC

Ilustración 8. Porta Fusible 20mm Contaclip



Fuente: <http://www.schneider-electric.com.co>

7.3.3 Fuente Voltaje Corriente Directa

Cada módulo de entrenamiento cuenta con una fuente suicheada DE 24V-50W de montaje en riel din. Este elemento suministra energía a:

- Pantalla HMI Siemens
- Borneras de conexión multipropósito 24VDC
- Entradas digitales que se interconectan con el PLC Siemens S7-300

Ilustración 9. Fuente voltaje VDC marca EBC



Fuente: <http://www.electricasbc.com/detalles/montaje-en-riel/2514-43003>

7.3.4 Totalizador General VDC

Cada Módulo cuenta con su respectiva fuente de voltaje de corriente directa 24VDC-50W, aguas debajo de este dispositivo se instaló un totalizador genera para circuitos de corriente continua tipo mini breakers IC60N 1x2A (**Ilustración 7. Mini Breaker IC60N 1x4A**), este elemento permite proteger, controlar y suministrar energía a los porta-fusibles que de igual forma protegen y suministran energía a:

- Pantalla HMI Siemens, +24VDC.
- Bornera, +24VDC.
- Disponible (RSV) +24VDC

7.3.5 Borneras de conexión por Tornillo e Instalación en riel din

Los módulos de PLC están provistos de una serie de borneras multipropósito 18-14AWG-2.5mm², en donde el usuario puede realizar conexiones con las diferentes entradas y salidas digitales y análogas del PLC S7-300, de igual forma el usuario tiene a su disposición borneras de conexión que le promocionan 24VDC. El módulo tiene otro tipo de borneras de color verde-amarillo las cuales tiene la misma función de conexión, pero este elemento hace conexión directa al chasis metálico del módulo, para equipotencializar el sistema de puesta a tierra de la red normal de suministro de energía con la tierra de todos los elementos metálicos y dispositivos de control que tiene el módulo de control de PLC.

Ilustración 10. Bornera de conexión tipo tornillo

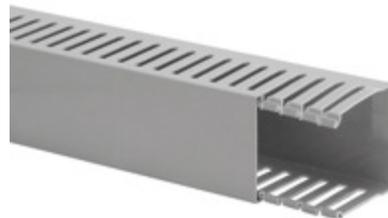


Fuente: <http://www.electricasbc.com/detalles/borneras/792-35974>

7.3.6 Canaleta Ranurada de Control

En el módulo se cuenta con canaletas de 40x40mm ranurada marca Dexon. Este elemento fue utilizado para canalizar y conducir el cableado de control que interconecta las borneras, interruptores, start, stop y demás elementos de control y señalización, contiene una tapa registrable para futuros mantenimientos o nuevas instalaciones.

Ilustración 11. Canaleta plástica ranurada 40x40mm



Fuente: <http://www.schneider-electric.com.co>

7.3.7 Marcadores de Anillo

Con el objeto de identificar cada uno de los conductores que integran el módulo de PLC y demarcar los puntos de conexión entre los periféricos de entrada y salida y los elementos finales de control, se implementó marcación tipo anillo. La codificación se realizó en función de los nombres de la salida y entradas de los módulos digitales y análogos que el PLC S7-300 contiene, se busca con estos

elementos tener un diagrama unifilar de control detallado y además facilita la revisión y mantenimientos del módulo.

Ilustración 12. Marcador de anillo en conductores



Fuente: <http://www.schneider-electric.com.co>

7.3.8 Terminales de Conexión tipo pin

Se implementó un conector tipo pin 16-14AWG. Éste sirve para conectar a las borneras de los elementos finales de control, por su rigidez mecánica en su punta permite múltiples conexiones y durabilidad sin que se deteriore el conductor.

Ilustración 13. Conector pre-aislado tipo Pin



Fuente: <http://www.schneider-electric.com.co>

7.3.9 Pilotos

Se implementó pilotos de señalización tipo LED 24VDC, Ø22mm de colores verde, amarillo y rojo. Tienen la función de denotar una acción establecida en un proceso de control y permitirá a los usuarios del módulo de PLC visualizar variables y acciones con elementos de uso general en la industria.

Ilustración 14. Piloto tipo LED 24VDC Ø22mm



Fuente: <http://www.electricasbc.com/detalles/pilotos/2693-17550>

7.3.10 Elementos Maniobra y Control

El módulo de PLC contiene diferentes tipos de elementos de maniobra y control, los cuales tenemos pulsadores de 22mm: Start, stop, selector dos posiciones, selector tres posiciones y pulsador tipo hongo o paro emergencia y por otro lado tenemos interruptores tipo palanca dos polos 15A-220V. Todos los elementos mencionados son usados para enviar señales de control a 24VDC al PLC S7-300 y lograr simular procesos de maniobra y control.

Ilustración 15. Pulsadores e Interruptores tipo palanca.



Fuente: <http://www.electricasbc.com/productos/pulsadores-22mm-2t> y <http://www.electricasbc.com/detalles/de-codillo/1997-31221>

7.3.11 Pantalla HMI Siemens KTP600

Se implementaron en tres módulos de PLC pantalla touch screen marca Siemens, ref. KTP600. Desde este dispositivo se puede simular y visualizar variables en tiempo real, contiene un cable de programación y un cable de comunicaciones serial entre el PLC S7-300 y la pantalla.

Ilustración 16. Pantalla HMI KTP600 Siemens

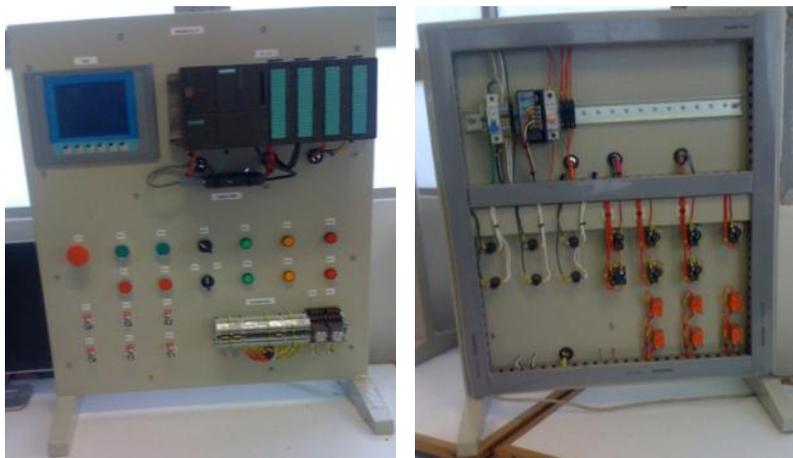


Fuente: <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basic-color/Pages/Default.aspx>

7.4 RESULTADO REDISEÑO MÓDULO PLC

Una vez descritos los elementos que componen el nuevo módulo de PLC S7-300, a continuación se ilustran los resultados obtenidos:

Fotografía 2. Resultados Implementación del Módulo PLC.



Como se observa en la fotografía cada módulo le fue instalado las componentes de control (maniobra y visualización) y cableado general mencionados en los numerales anteriores, de igual forma se hicieron pruebas de funcionamiento y continuidad en cables, conexionado en bornes del PLC, cable de programación y

operatividad general (programación y puesta en funcionamiento de cada una de las entradas y salidas del PLC), obteniendo resultados satisfactorios y buena acogida por la comunidad Pascualina.

Fotografía 3. Módulos de PLC y Puesto de Trabajo Intervenidos.

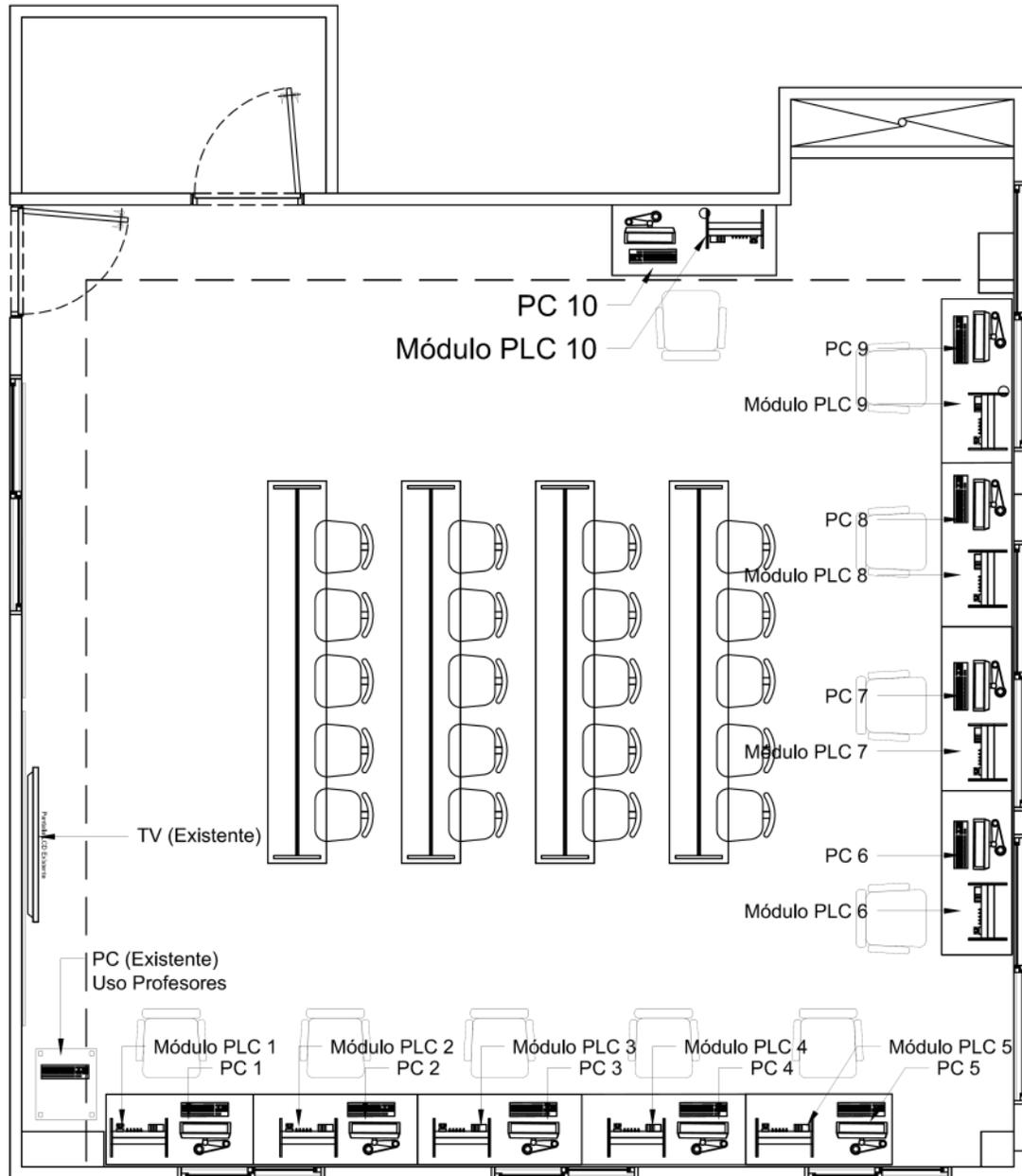


Cada puesto de trabajo, aparte de la reestructuración de los módulos de PLC fue dotado de un computador nuevo con sus accesorios. En la **Fotografía 3** podemos observar el resultado general de las reformas, cada puesto de trabajo cuenta con las siguientes características técnicas:

- Por cada dos puestos de trabajo se instaló un multitoma en donde los estudiantes pueden conectar y suministrar energía eléctrica a los diferentes circuitos electrónicos y cargas eléctricas (inductivas o capacitivas) de baja capacidad con fines académicos y simular sistema de control con el mayor realismo posible.
- Cada puesto de trabajo cuenta con un módulo de PLC como se ilustra en la **Fotografía 2**.
- Cada puesto de trabajo está dotado de una computador con pantalla plana LCD, torre con CPU Core Intel Pentium i3 de última generación, cable conversor USB-Serial, teclado y mouse.
- Tres de los diez módulos de PLC cuentan con una **Pantalla HMI KTP600 Siemens**.

La disposición final y ubicación de los equipos en el aula de clase fue la siguiente:

Ilustración 17. Ubicación de Módulos PLC y PCs en el Aula de Clase



Fuente: Diseño realizado por los estudiantes.

7.5 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULO DE PLC

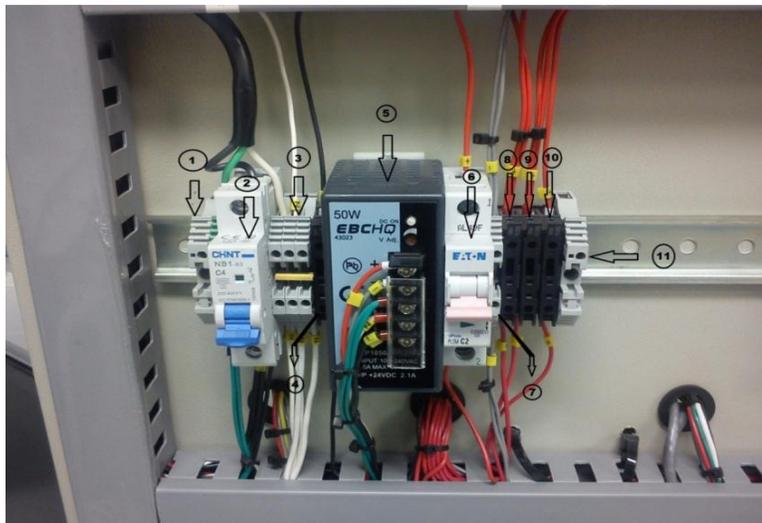
7.5.1 Elementos

Cada módulo de PLC está provisto de los siguientes elementos:

- Totalizador general IC60N 1x4A. Ver **Ilustración 7** y numeral 2 de la **Fotografía 4**.
- Porta fusibles Contactclip 20mm. Ver **Ilustración 8** y numerales 8, 9 y 10 de la **Fotografía 4**.
- Fuente de voltaje de corriente directa 50W-24V. Ver **Ilustración 9** y numeral 5 de la **Fotografía 4**.
- Borneras de conexión por tornillo y fijación en riel din. Ver **Ilustración 10** y numerales 1, 3, 7 y 11 de la **Fotografía 4**.
- Pilotos de señalización. Ver **Ilustración 14**.
- Elementos de maniobra y control. Ver **Ilustración 15**.
- Pantalla touch creen Siemens. Ver **Ilustración 16**

7.5.2 Vista Posterior del Módulo

Fotografía 4. Descripción Elementos Parte Posterior Módulo PLC.



Fuente: Fotografía tomada por los estudiantes.

7.5.3 El Encendido del Módulo

- Paso 1: Verifique el módulo de PLC esté conectado a la fuente de energía alterna a 120VAC.
- Paso 2: Accioné el totalizador principal 1x4A VAC (numeral 2 de la **Fotografía 4**) para energizar todo el módulo de PLC.
- Paso 3: Accioné el totalizador principal 1x6A VDC (numeral 6 de la **Fotografía 4**) de las salidas digitales.
- Cerciorarse que la fuente 24VDC (numeral 5 de la **Fotografía 4**) este encendida, para ello fíjese en el LED que dicho aparato tiene.
- Para el caso en que las salidas digitales no enciendan, revise los fusibles de 200mm-2Amperes (numerales 8, 9 y 10 de la **Fotografía 4**).

7.5.4 Proceso Hombre Maquina

- Paso 1: Encender PC
- Paso 2: Abrir software SIMATIC

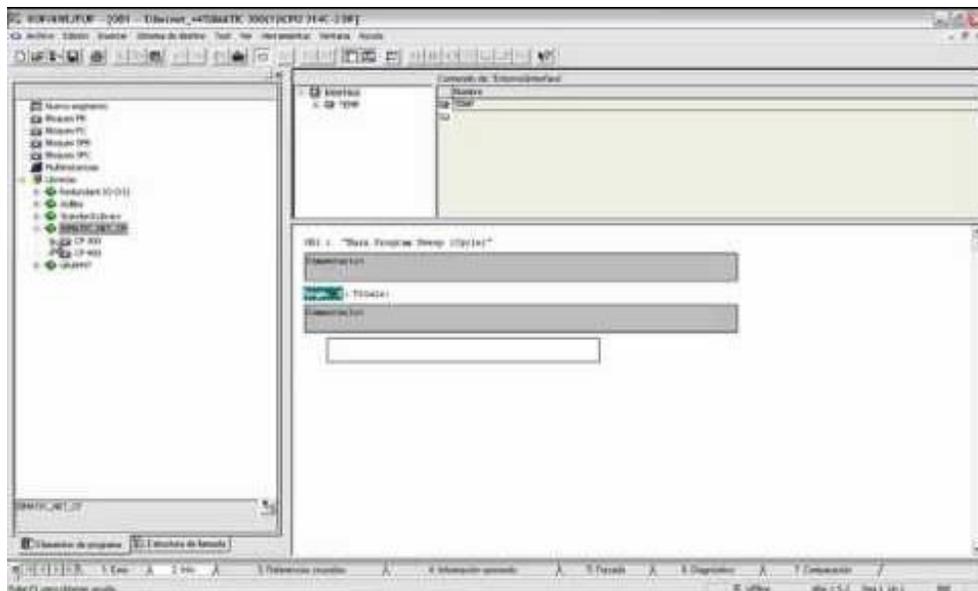


- Paso 3: Configurar y cargar periféricos de entrada y salida análogos y digitales que tiene el PLC S7-300.
- Paso 4: Iniciar y crear proyecto.
- Paso 5. Crear líneas de control según el propósito del usuario.

- Paso 6. Configurar puerto Profinet-Puerto Ethernet.



- Paso 7. Programar PLC con las líneas de control generadas por el usuario en KOP o FUP



- Paso 8. Diseñar interfaz en la HMI para visualizar los procesos de control e interactuar con procesos externos de control.
- Paso 9: Probar en la simulación por software y proceder a descargar programa y simular directamente sobre el Hardware.

8. CONCLUSIONES

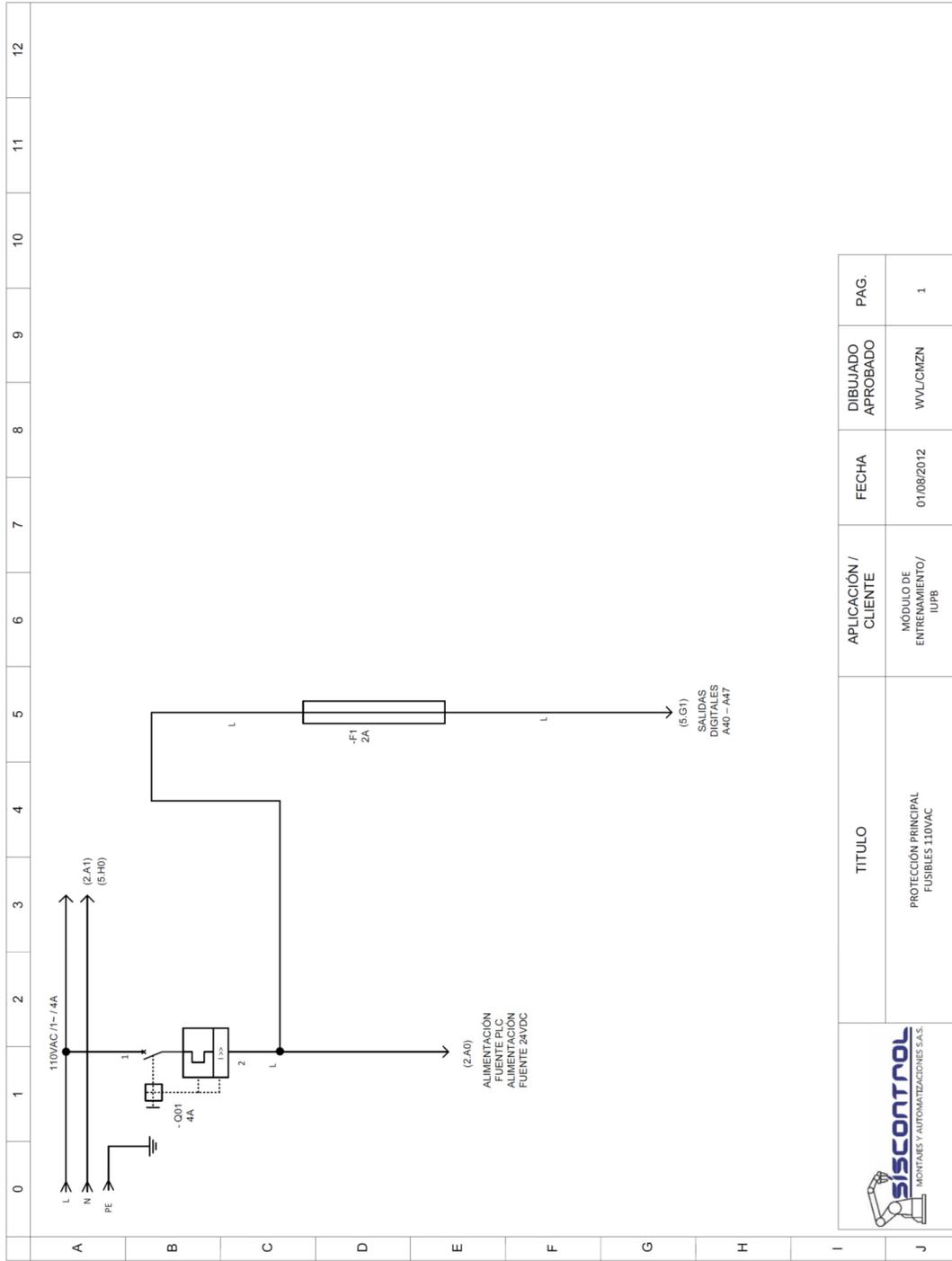
- El proceso de reestructuración del laboratorio de PLC bloque 5 es un paso fundamental en la aplicación y afianzamiento de los conocimientos adquiridos por el grupo en el proceso de formación ingenieril.
- La Institución Universitaria Pascual Bravo se beneficia con el trabajo realizado, ya que se tecnifica el proceso de manejo de la información para usuarios internos o externos, mejorando sus procesos.
- La aplicación y el mejoramiento continuo de las tecnologías existentes en los laboratorios hace que la Institución pueda prestar servicios de alta calidad y competitividad, del cual se beneficia tanto docentes como los estudiantes en proceso de formación.
- Debido a su beneficio e importancia en la industria, se hace indispensable para todas las personas relacionadas con el gremio eléctrico, que tengan conocimiento sobre PLC.

9. RECOMENDACIONES

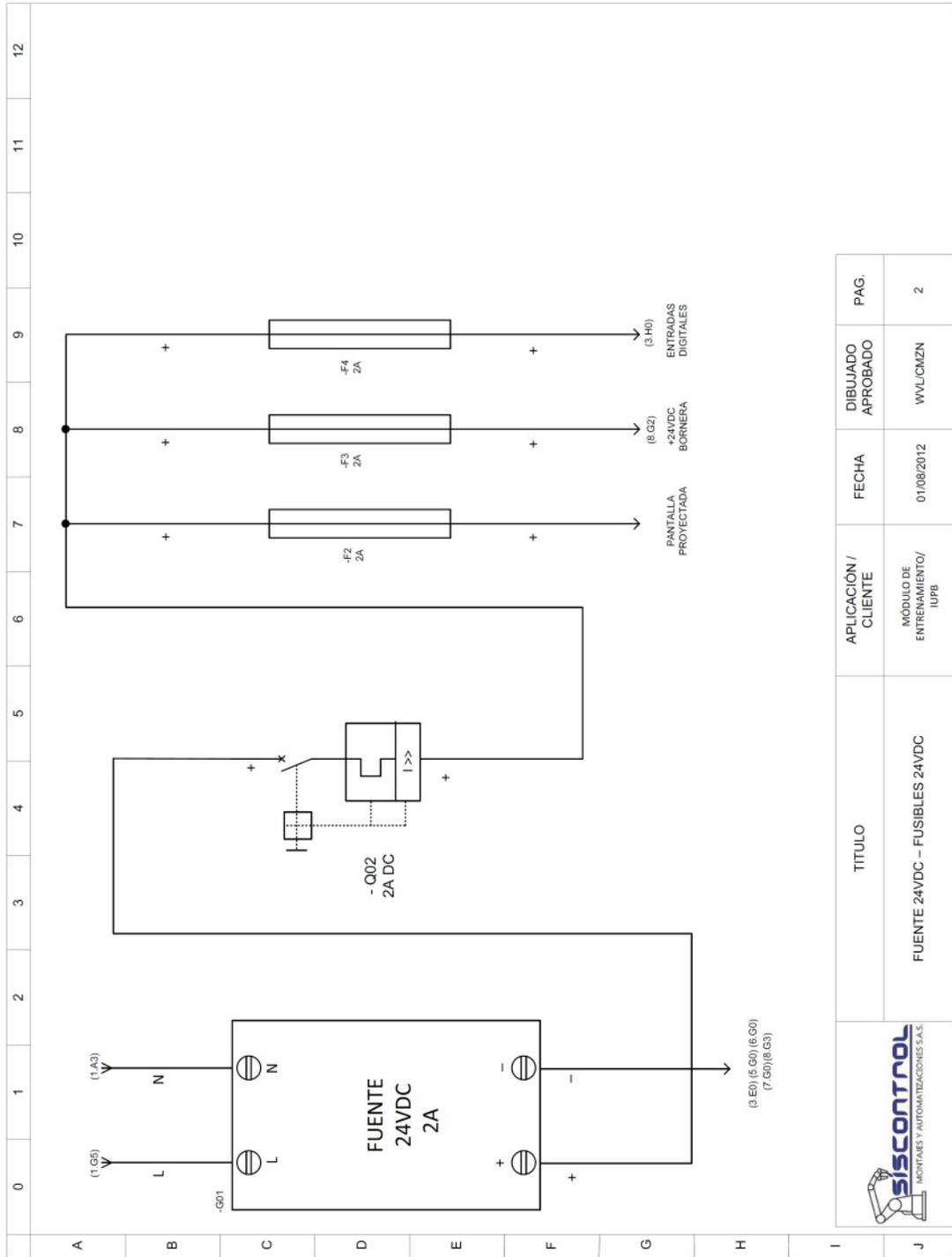
- La manipulación de los equipos se debe hacer bajo la supervisión del docente de turno, para evitar daños posteriores y cambios de equipos innecesarios.
- La utilización del laboratorio solo debe ser para el proceso de enseñanza académico, en el manejo de sistema de control, para diseño de prototipos asignados por el docente.
- Es importante para garantizar la durabilidad de las componentes instaladas en cada módulo, realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos cuando aplique de cada una de las componentes que integran el mueble de PLC.

BIBLIOGRAFIA

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código Eléctrico Colombiano. ICONTEC NTC2050. Bogotá. D.C.: El Instituto, 2008.
- <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basic-color/Pages/Default.aspx>. (s.f.).
- <http://www.electricasbc.com/detalles/borneras/792-35974>. (s.f.).
- <http://www.electricasbc.com/detalles/de-codillo/1997-31221>. (s.f.).
- <http://www.electricasbc.com/detalles/montaje-en-riel/2514-43003>. (s.f.).
- <http://www.electricasbc.com/detalles/pilotos/2693-17550>. (s.f.).
- <http://www.electricasbc.com/productos/pulsadores-22mm-2t/>. (s.f.).
- <http://www.investigacion.frc.utn.edu.a>. (s.f.).
- http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Equipamiento/PLC/st70k3_e.pdf.
- <http://www.schneider-electric.com.co>. (s.f.).
- SCHNEIDER ELECTRIC, Listado de Precios Generales 2012. (s.f.). Listado de Precios Generales 2012.

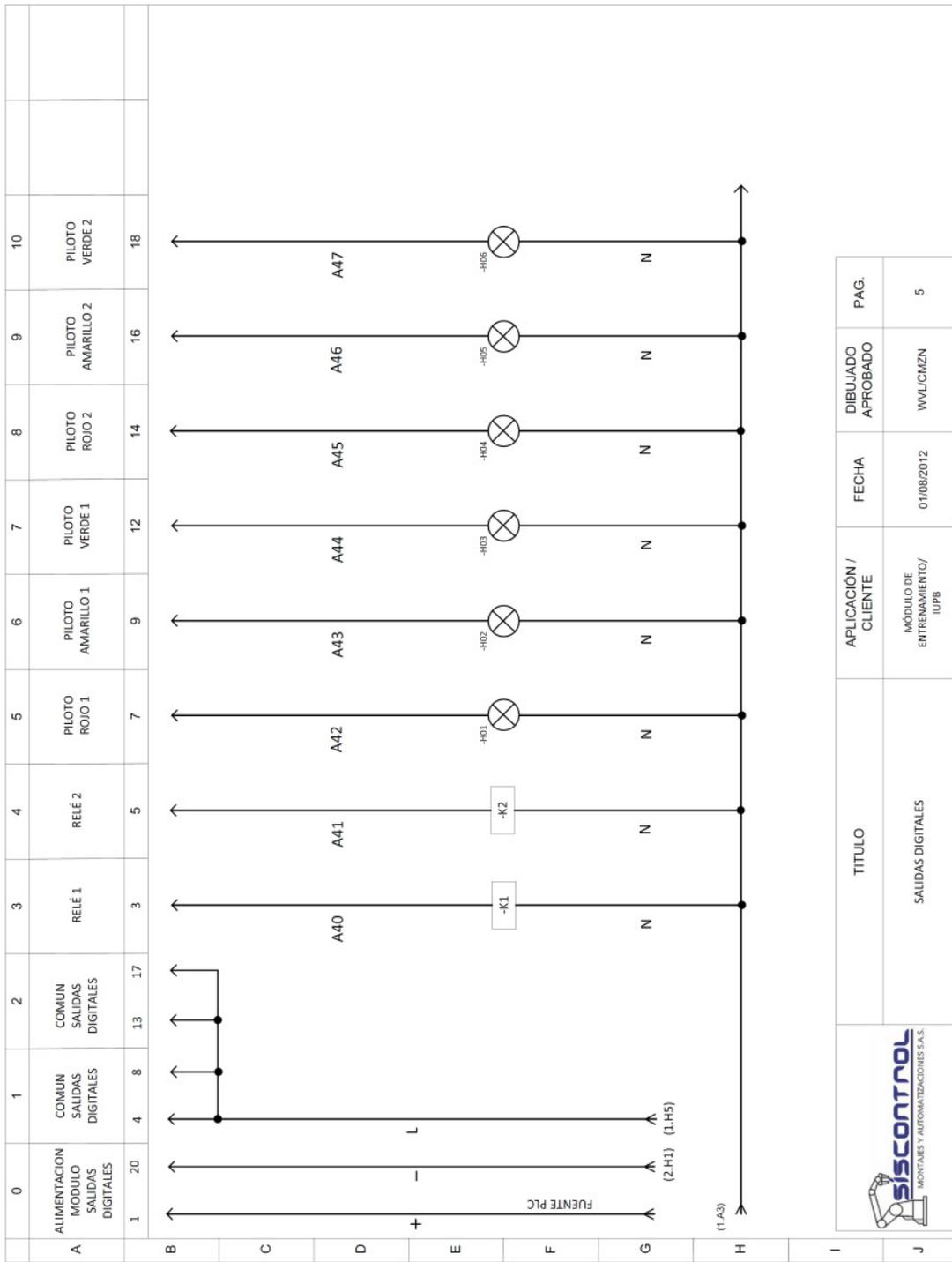


		TITULO		APLICACIÓN / CLIENTE		DIBUJADO APROBADO		PAG.	
		PROTECCIÓN PRINCIPAL FUSIBLES 110VAC		MÓDULO DE ENTRENAMIENTO / IUPB		WVUCMZN		1	



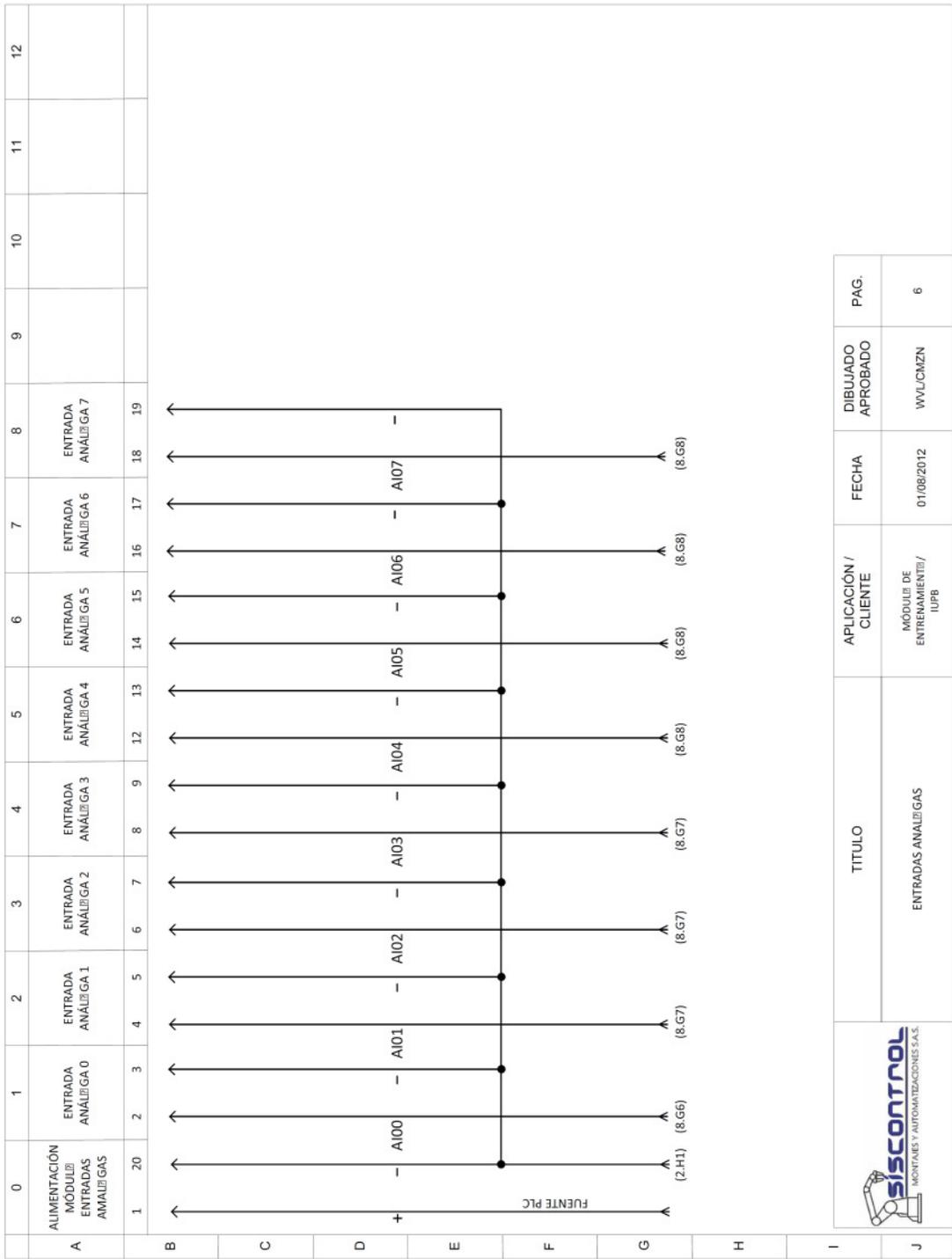
TITULO		FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
FUENTE 24VDC – FUSIBLES 24VDC		01/08/2012	WJLCMZN	2
APLICACIÓN / CLIENTE		MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB		

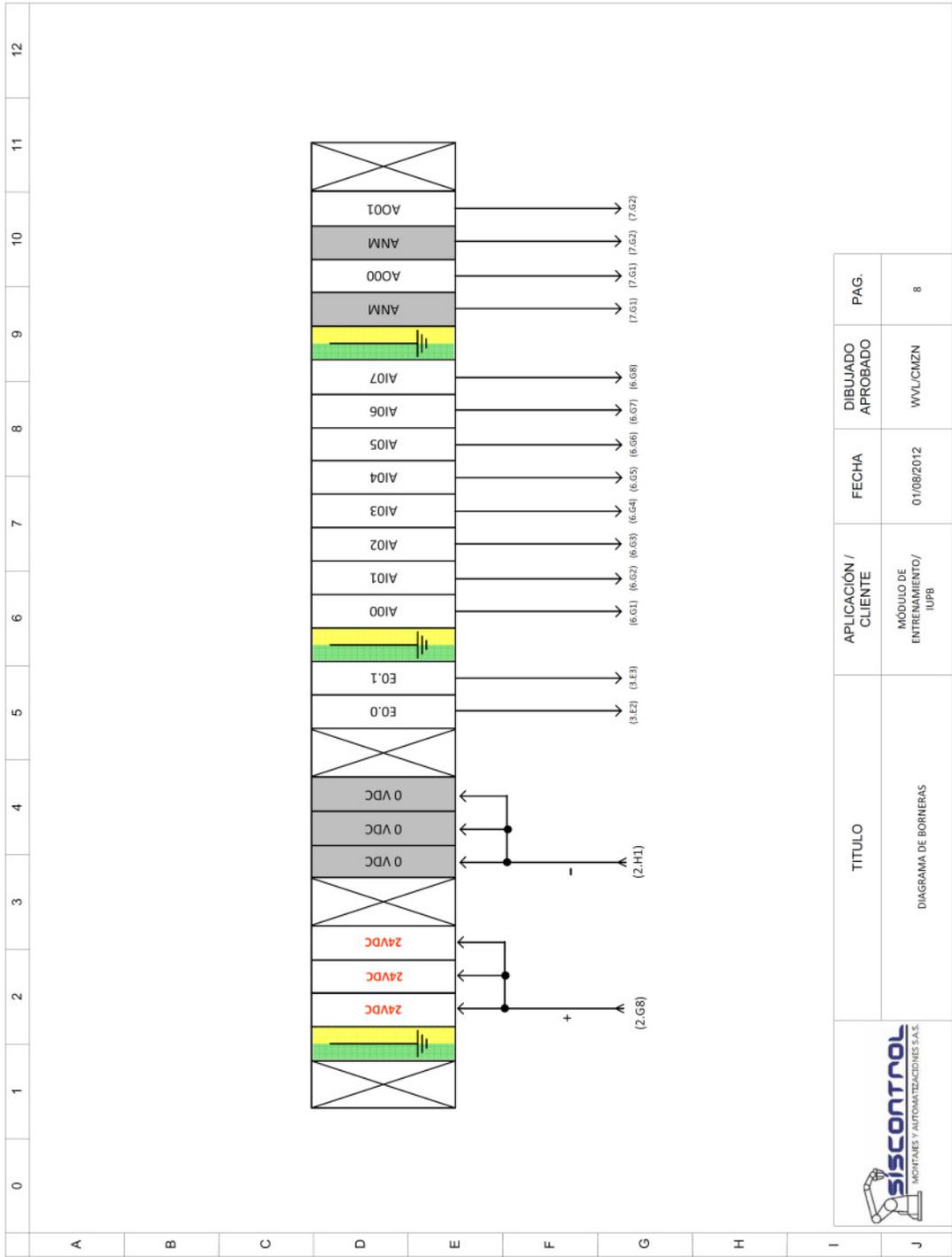




TITULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
SALIDAS DIGITALES	MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	01/08/2012	WVLC/MZN	5







		TITULO		APLICACIÓN / CLIENTE		FECHA		DIBUJADO APROBADO		PAG.	
		DIAGRAMA DE BORNERAS		MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB		01/08/2012		WUJCMZN		8	

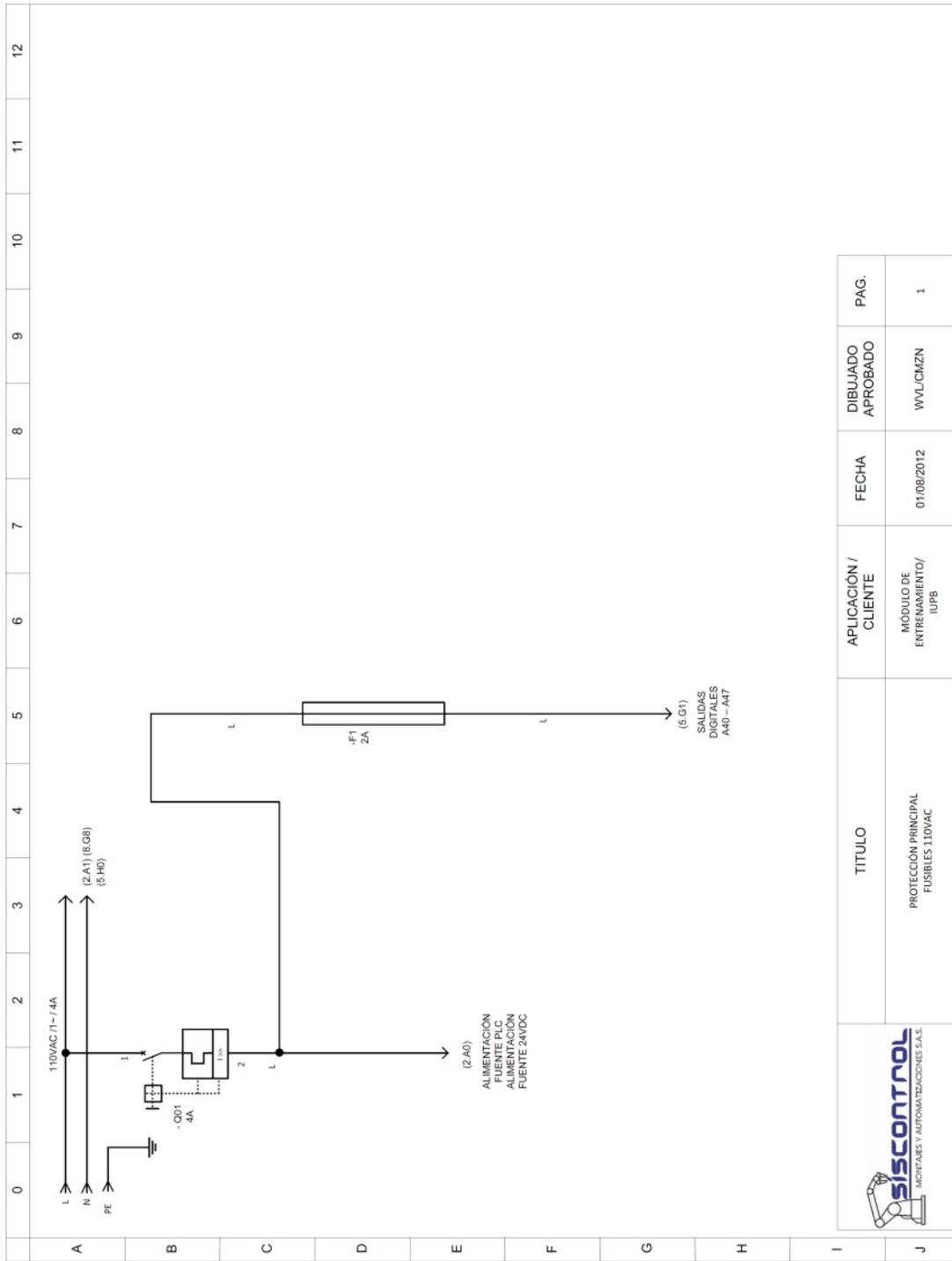
Anexo 2. PLANOS MÓDULO PLC CON HMI

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A													
B													
C													
D													
E													
F													
G													
H													
I													
J													

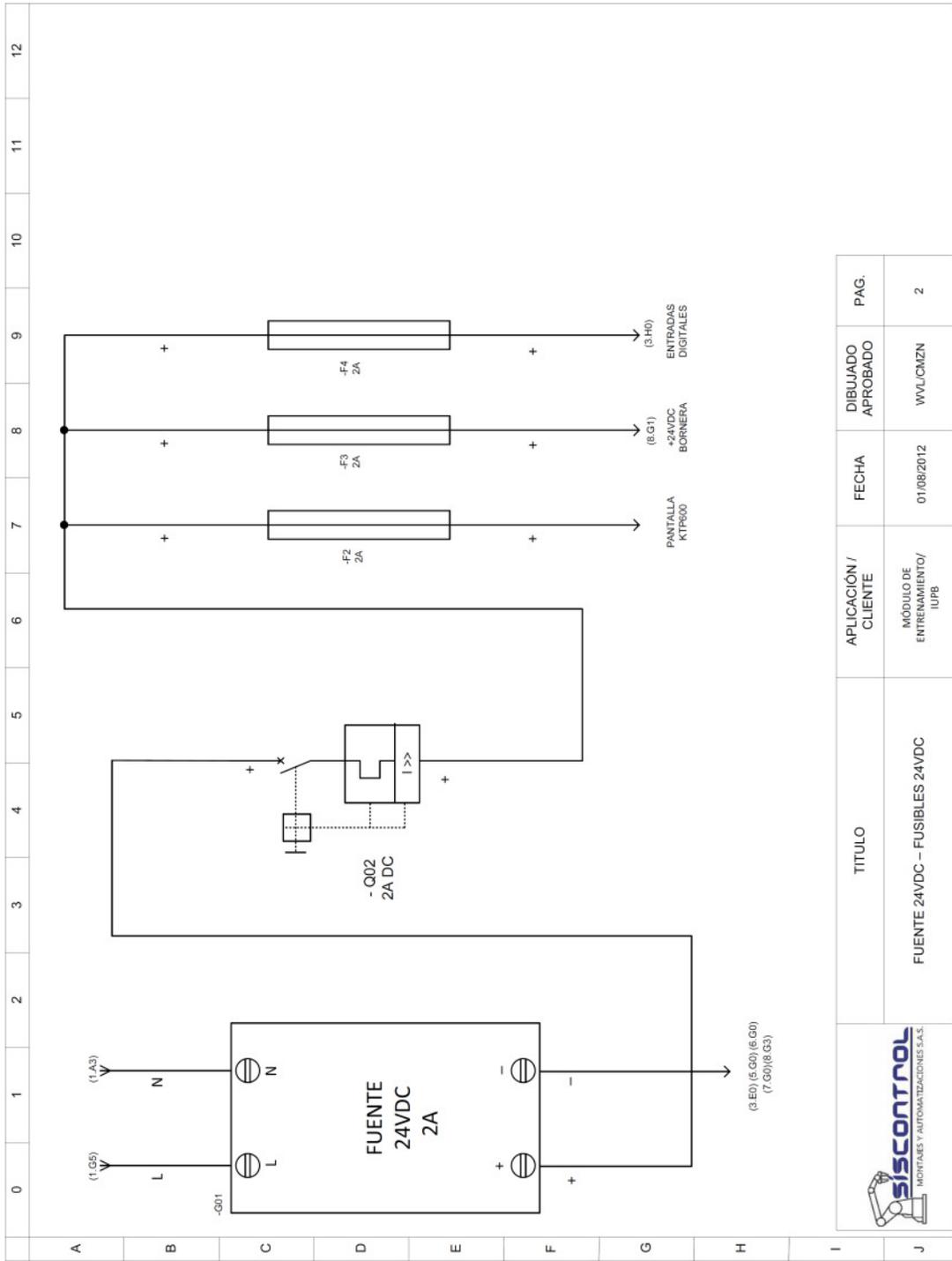
INDICE DE FOLIOS	
FOLIO	DESCRIPCIÓN
1	PROTECCIÓN PRINCIPAL FUSIBLES 1100VAC
2	FUENTE 24VDC – PROTECCIONES 24VDC
3	ENTRADAS DIGITALES
4	ENTRADAS DIGITALES
5	SALIDAS DIGITALES
6	ENTRADAS ANALÓGAS
7	SALIDAS ANALOGAS
8	DIAGRAMA DE BORNERAS

TÍTULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
INDICE DE FOLIOS	MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	01/08/2012	WVLCMZN	A

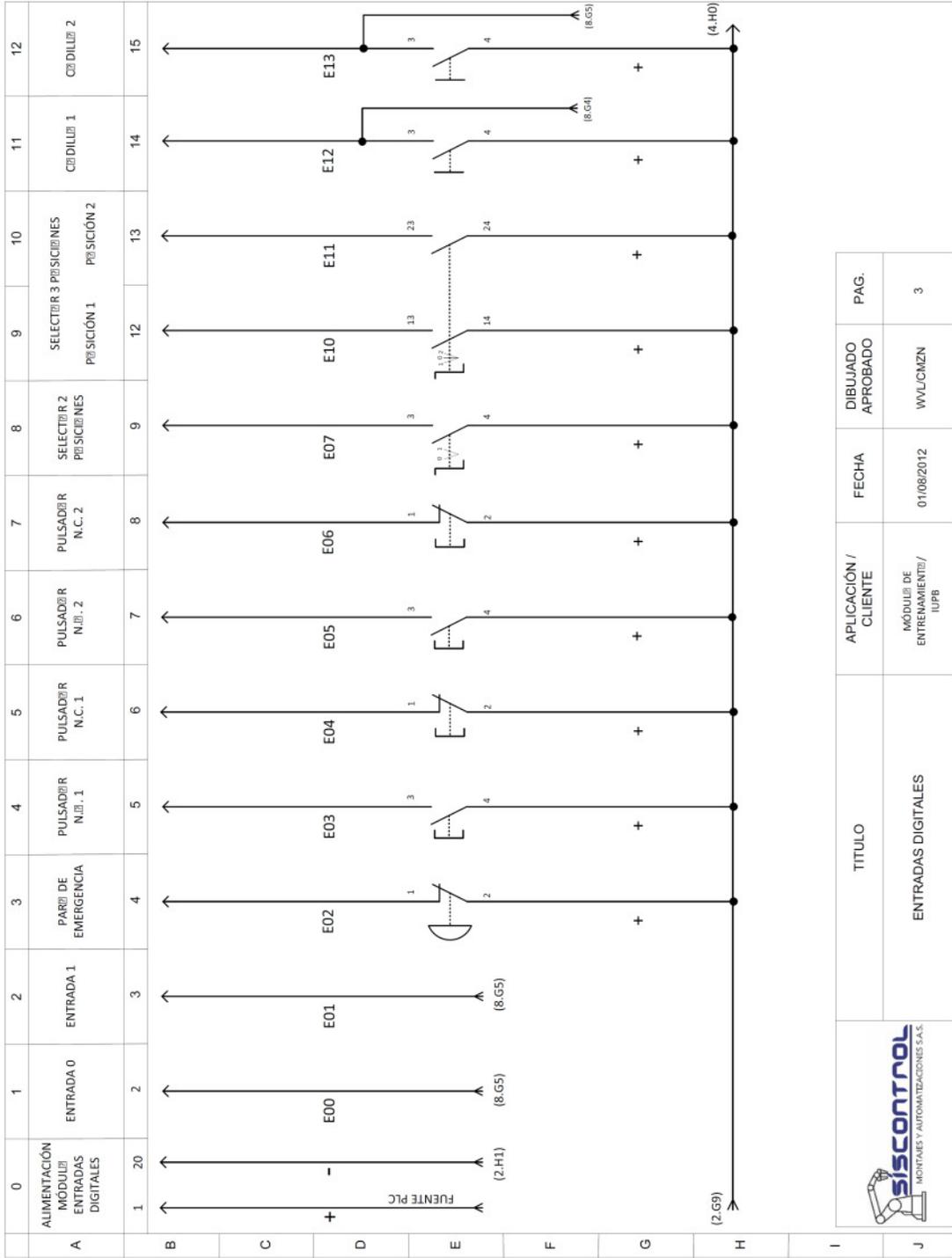


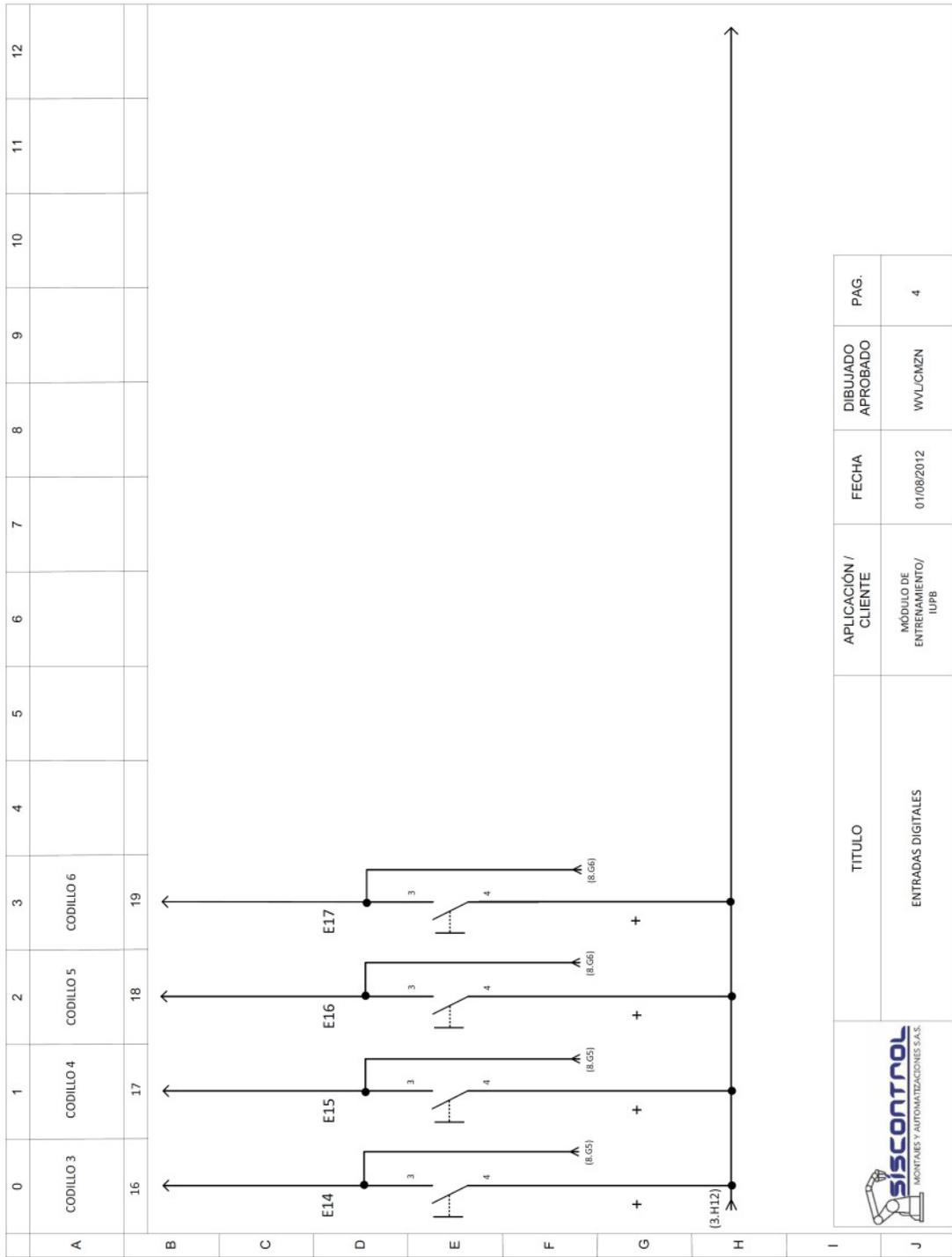


		TITULO		APLICACIÓN / CLIENTE		FECHA		DIBUJADO APROBADO		PAG.	
		PROTECCIÓN PRINCIPAL FUSIBLES 110VAC		MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB		01/08/2012		WVL/CMZN		1	

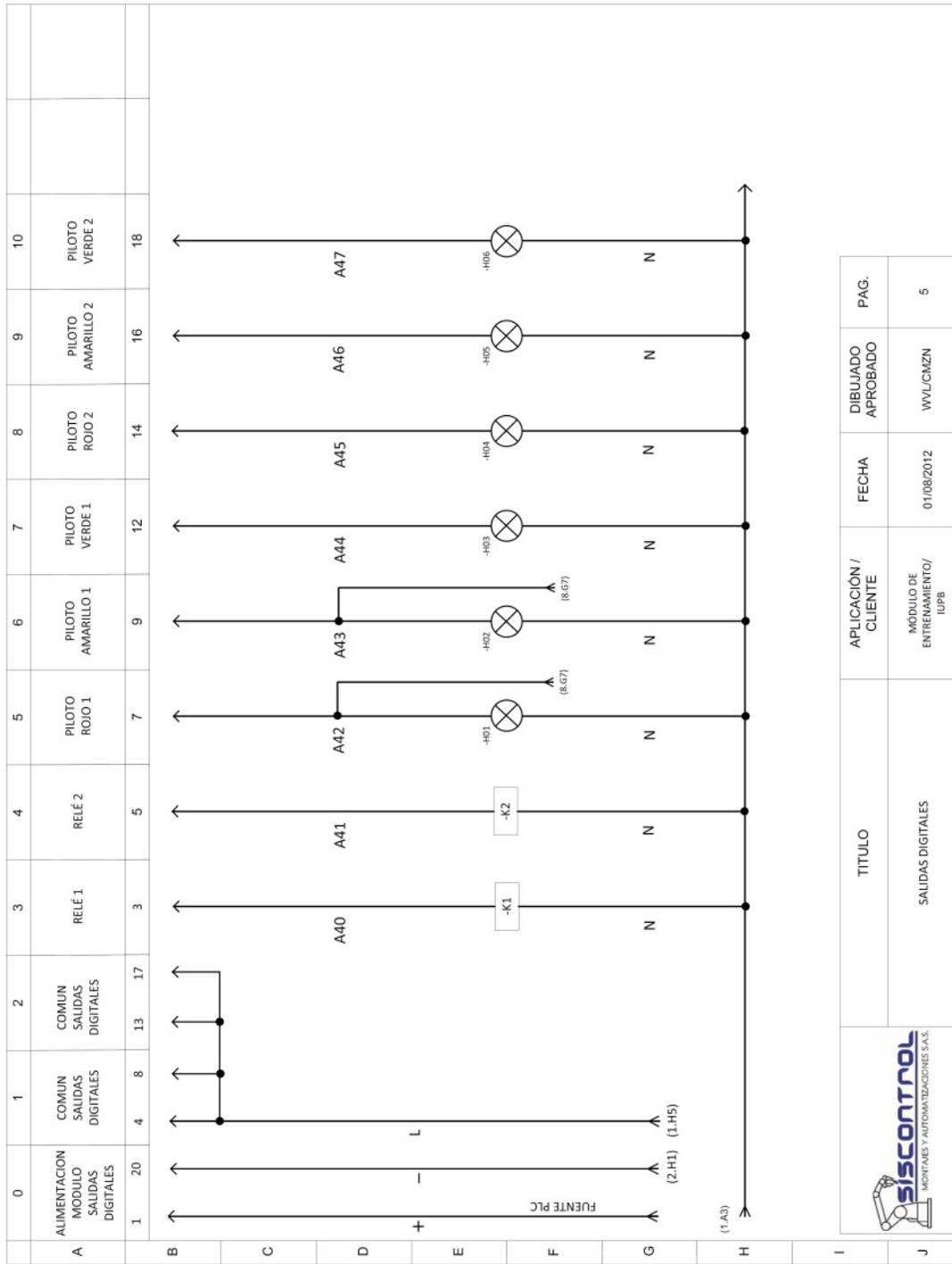


 INDUSTRIALES Y AUTOMATIZACIONES S.A.S.		TITULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
		FUENTE 24VDC – FUSIBLES 24VDC	MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	01/08/2012	WVL/CMZN	2





 MONTAJES Y AUTOMATIZACIONES S.A.S.	TITULO	FECHA	PAG.
	ENTRADAS DIGITALES	01/08/2012	4
		MODULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	WVL/CMZN

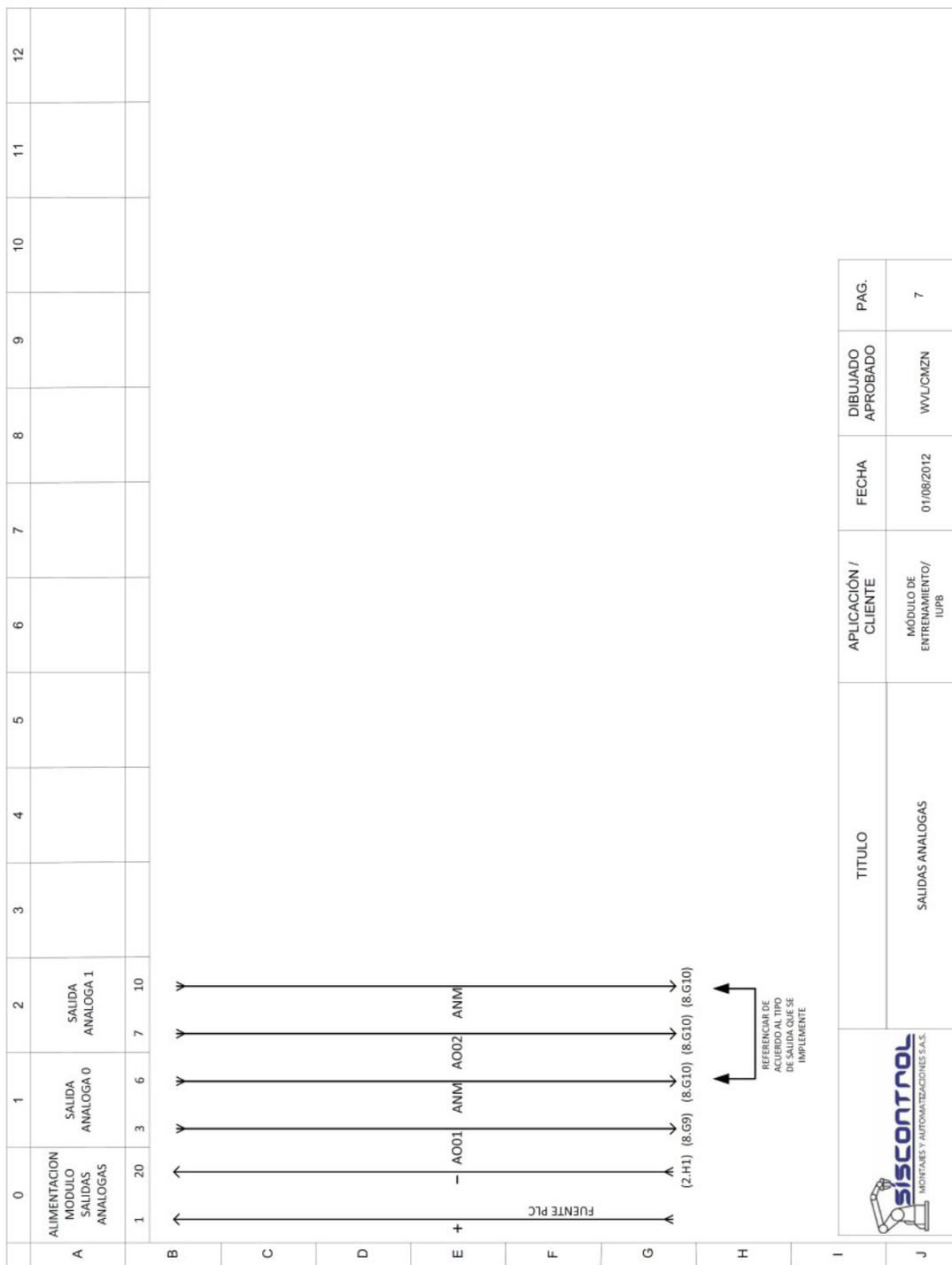


TITULO		APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
SALIDAS DIGITALES		MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	01/08/2012	WVL/CMZN	5



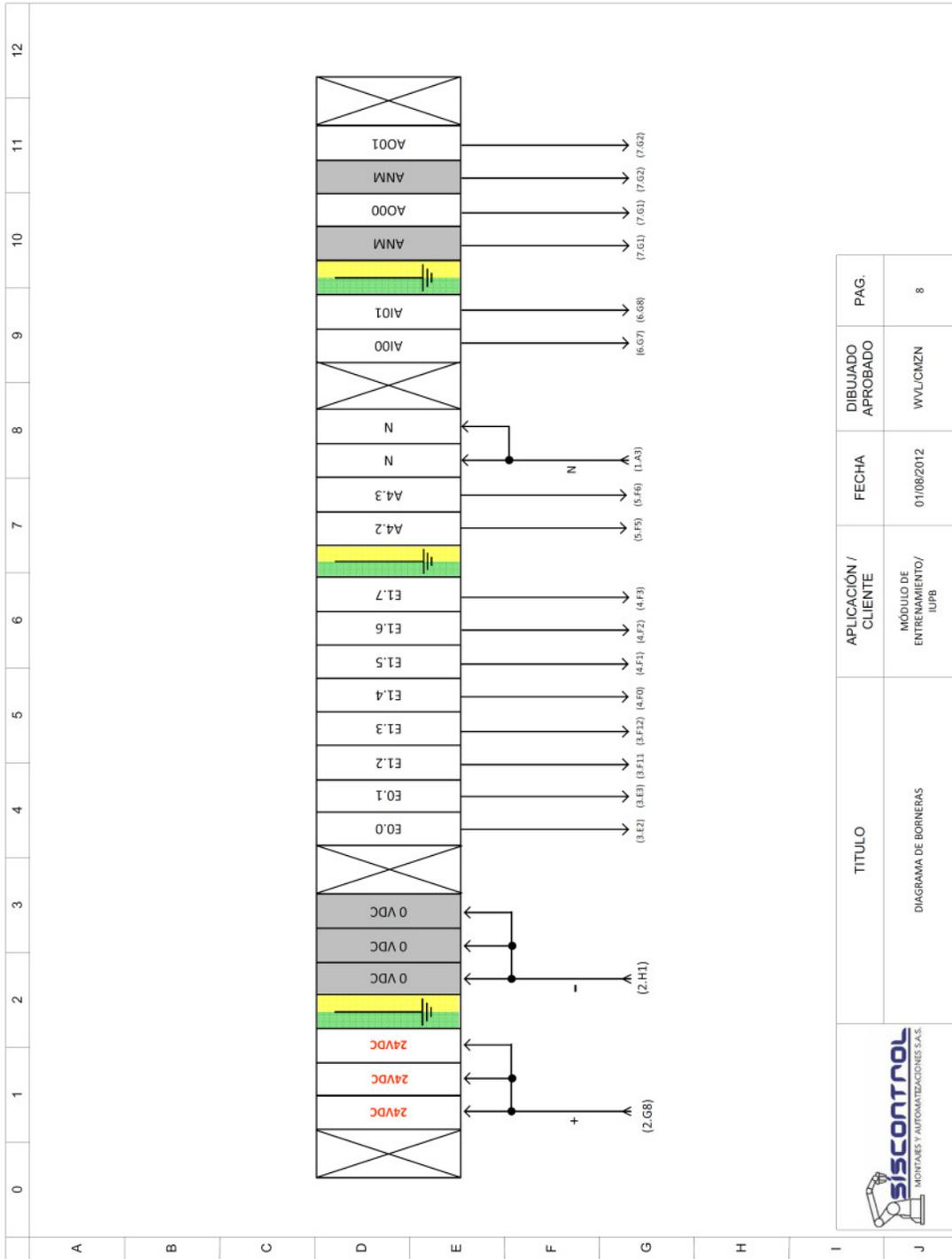
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
A	ALIMENTACIÓN MODULO ENTRADAS ANAL/GAS	ENTRADA ANAL/GA 0	ENTRADA ANAL/GA 1	ENTRADA ANAL/GA 2	ENTRADA ANAL/GA 3	ENTRADA ANAL/GA 4	ENTRADA ANAL/GA 5	ENTRADA ANAL/GA 6	ENTRADA ANAL/GA 7													
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
C																						
D	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
E																						
F																						
G																						
H																						
I																						
J	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TITULO</th> <th>APLICACIÓN / CLIENTE</th> <th>FECHA</th> <th>DIBUJADO APROBADO</th> <th>PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ENTRADAS ANAL/GAS</td> <td>MODULO DE ENTRENAMIENTO / IUPB</td> <td>01/08/2012</td> <td>WVL/CMZN</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>												TITULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.	ENTRADAS ANAL/GAS	MODULO DE ENTRENAMIENTO / IUPB	01/08/2012	WVL/CMZN	6
TITULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.																		
ENTRADAS ANAL/GAS	MODULO DE ENTRENAMIENTO / IUPB	01/08/2012	WVL/CMZN	6																		





TÍTULO	APLICACIÓN / CLIENTE	FECHA	DIBUJADO APROBADO	PAG.
SALIDAS ANALOGAS	MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	01/08/2012	WV/CMZN	7





	TITULO	APLICACIÓN / CLIENTE	DIBUJADO APROBADO	PAG.
	DIAGRAMA DE BORNERS	MÓDULO DE ENTRENAMIENTO/ IUPB	WVL/CMZN	8
		FECHA		
		01/08/2012		