

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA ELECTRÓNICA**

**TEMA:
INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL
AUTOMÁTICO DE LA CÁMARA DE MEZCLA PARA MEJORAR LA
CALIDAD DE AGUA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN “COLONSO”.**

**AUTORA:
ANDREA STEFANIA CONSTANTE AGUALSACA**

**TUTOR:
ANIBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

Quito, mayo del 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Andrea Stefania Constante Agualsaca, con documento de identificación N° 150088163-4, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE LA CÁMARA DE MEZCLA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN “COLONSO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Andrea Stefania Constante Agualsaca

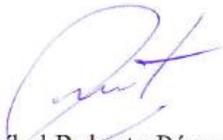
150088163-4

mayo 2016

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación intitulado INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE LA CÁMARA DE MEZCLA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN "COLONSO" realizado por Andrea Stefanía Constante Agualsaca, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, mayo del 2016



Aníbal Roberto Pérez Checa

C.I.:1711423440

DEDICATORIA

Este proyecto es el fruto del esfuerzo y la comprensión de toda mi familia, por ello es justo y necesario dedicarles mi trabajo de titulación.

En primer lugar quiero darle gracias a Dios por darme una familia maravillosa, porque todos sin excepción desde el miembro más pequeño hasta el ser más sabio supieron brindarme todo su apoyo y tiempo, mi agradecimiento es infinito por estar ahí en los momentos de debilidad, enojo y frustración, por cada palabra de aliento y frases de motivación, que hicieron fortalecer mi espíritu y mis ganas de seguir avanzando hasta alcanzar mi objetivo de culminar mi carrera profesional.

También quiero agradecer a mi novio por la paciencia que tuvo durante todo este proceso, por su amor y comprensión, por estar siempre en los momentos que más lo necesitaba, por compartir conmigo sus conocimientos, enseñándome que los obstáculos que se presentan en la vida se superan solo afrontándolos.

En fin no me alcanzarían las palabras para agradecerles por su amor incondicional, por ello desde el fondo de mi alma GRACIAS.

Andrea

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Planta de potabilización de agua	4
1.1.1. Primera etapa: Captación	4
1.1.2. Segunda etapa: Desarenado	5
1.1.3. Tercera etapa: Dosificación	6
1.1.4. Cuarta etapa: Floculación.	8
1.1.5. Quinta etapa: Sedimentadores.....	9
1.1.6. Sexta etapa: Cloración	9
CAPÍTULO 2	10
DISEÑO	10
2.1. Diseño del sistema de control de la cámara mezcladora de químicos.....	10
2.2. Características técnicas de los equipos a instalar	13
2.2.1. Transmisor Multiparamétrico.	14
2.2.2. Caudalímetro.....	16
2.2.3. Bombas dosificadoras	18
2.2.4. Placas de dilución	20
2.2.5. Compresor de aire	21
2.2.6. Sensor de nivel	22
2.2.7. Electroválvula	23
2.2.8. Agitador electromecánico	25
2.3. Características del cuadro de control y maniobra.....	26
2.3.1. PLC	26
2.4. Planos P&ID.....	28
2.4.1. Fuerza.....	29
2.4.2. Control	29
CAPÍTULO 3.....	30

DESARROLLO DE FLUJOGRAMAS, SOFTWARE Y HMI.....	30
3.1. Desarrollo del flujograma.....	30
3.2. Desarrollo de la lógica de programación.....	31
3.3. Desarrollo del HMI	36
CAPÍTULO 4	42
PRUEBAS DE LA PLANTA	42
4.1. Pruebas de dosificación	42
4.1.1. Primera prueba: Comprobación de caudal de las bombas.	42
4.1.2. Segunda prueba: Determinar la concentración madre de la cal.	44
4.1.3. Tercera prueba: dosificación continua de cal, sulfato y polímero.	45
4.1.4. Cuarta prueba: Dosificación en intervalos de tiempo.	46
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidades a dosificar de cada químico.....	11
Tabla 2. Caudales de dosificación.....	12
Tabla 3. Tiempo de apertura de las bombas.....	13
Tabla 4. Descripción de los equipos	14
Tabla 5. Multiparamétrico.....	15
Tabla 6. Caudalímetro	17
Tabla 7. Sensor de nivel.....	22
Tabla 8. Electroválvula	24
Tabla 9. PLC	26
Tabla 10 Caudal de las bombas	43
Tabla 11. Datos de la turbiedad vs tiempo.....	45
Tabla 12. Datos de turbiedad vs tiempo.....	46
Tabla 13. Tiempos de floculación.....	48
Tabla 14. Tiempos de floculación vs apertura de bombas.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanque de captación	5
Figura 2. Desarenador	6
Figura 3. Tanques Floculadores	8
Figura 4. Sedimentadores.....	9
Figura 5. Multiparamétrico	15
Figura 6. Sensor de turbidez	16
Figura 7. Sensor de Ph	16
Figura 8. Caudalímetro ultrasónicoFMU90	17
Figura 9. Bomba Bellin EUX.....	19
Figura 10. Bomba neumática Wilden	19
Figura 11. Bomba Bellin sin rotor excéntrico.....	20
Figura 12. Placa de dilución.....	20
Figura 13. Compresor de aire.....	21
Figura 14. Sensor magnético.....	23
Figura 15. Electroválvulas	24
Figura 16. Agitador electromagnético.....	25
Figura 17. PLC ET200S	27
Figura 18. Nuevo Proyecto	32
Figura 19. Insertar nuevo proyecto	32
Figura 20. Selección de equipos	33
Figura 21. Configuración de la red Profibus.	34
Figura 22. Selección de equipos.	34
Figura 23. Configuración de la red Ethernet.	35
Figura 24. Visualización de la topología de red.....	36
Figura 25. Creación del Nuevo Proyecto.	37
Figura 26. Ventana de características del HMI.....	37
Figura 27. Ventana de características del Autómata.....	38
Figura 28. Creación de pantallas.....	38

Figura 29. Creación de pantallas.....	39
Figura 30. Ajustes del sistema.	40
Figura 31. Ajustes del dispositivo industrial.....	40
Figura 32. Inserción de variables.	41
Figura 33. Pruebas de caudal.	42
Figura 34. Comprobación de caudal.	43
Figura 35. Dosificación.....	44
Figura 36. Flocladores.....	44
Figura 37. Muestra de flóculos.....	45
Figura 38. Multiparamétrico.	46
Figura 39. Flóculos	47
Figura 40. Muestreo de dosificación.....	49
Figura 41. Muestreo de formación de floculo.....	50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	11
------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos P&ID	56
Anexo 2. Planos de fuerza.....	57
Anexo 3. Planos de control	63
Anexo 4. Flujogramas	94
Anexo 5. CHECKLIST	100

RESUMEN

En el bosque protector “Colonso” ubicado en la ciudad del Tena, provincia de Napo, se realizó el presente trabajo de titulación, que concluyó con la automatización de la cámara de mezcla de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso”, esto se realizó con el fin de garantizar que el líquido vital que consume la población del cantón Tena este dentro de los parámetros establecidos por la norma INEN 1108.

Para ello se implementó varios tipos de sensores que se encargan de dar lecturas de turbiedad y pH que son características propias del agua, estos datos se procesan a través de dispositivos electrónicos, mediante protocolos de comunicación se transforman las señales para que el PLC pueda procesarlas y ejecutar las acciones en conjunto con los actuadores asignados de acuerdo a la necesidad de la situación, esto de acuerdo a la lógica de programación previamente configurada en el dispositivo de control.

El proceso, ha estado basado en fundamentaciones químicas y comprobaciones realizadas con equipo de laboratorio, que se han estado realizando manualmente pero que permiten controlar el agua antes del consumo, la implementación se ha llevado a cabo mediante varios sistemas de control, que permiten que las dosificaciones de los químicos se completen de manera precisa y oportuna, garantizando así que el agua de consumo humano se encuentre en los niveles apropiados, además el proceso que cumple la cámara mezcla se podrá visualizar a través de un HMI que contiene un entorno gráfico completo de la planta de tratamiento de agua.

ABSTRACT

In the "Colonso" protective forest located in the Tena city, Napo province, this paper titling, which ended with the automation of the mixing chamber of the treatment plant water "Colonso" was held this he made in order to ensure that the vital fluid consumed by the population of the Tena city is within the parameters set by the INEN 1108 standard.

For this purpose various types of sensors that are responsible for providing readings of turbidity and pH which are typical characteristics of water, was implemented these data are processed by electronic devices through communication protocols signals are transformed so that the PLC can process and implement actions in conjunction with the actuators assigned according to the need of the situation, this according to the programming logic previously set in the control device.

This whole process has been based on chemical and checks performed laboratory equipment, which have been performing manually but that control water before consumption, rationales implementation has been carried out by various control systems that allow the dosages of chemicals are completed accurately and in a timely manner, ensuring that drinking water is at the appropriate levels, and the process to comply mixing chamber can be displayed via an HMI that contains a complete graphical environment of water treatment

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de titulación tiene por objeto redactar, desglosar y generar un registro detallado de los estudios, investigaciones y pruebas que se generaron durante el desarrollo del proyecto de la automatización de la cámara de mezcla de la planta de tratamiento agua potable Colonso.

Planteamiento del problema

El cantón Tena provincia de Napo cuenta con una planta de potabilización del agua para el consumo humano, la misma que está ubicada en la parroquia de Muyuna a 8 km de la universidad IKIAM en la parte bajo del bosque protector Colonso, la misma que es tomada del rio Colonso, pasa por un proceso mostrado en la figura:

Uno de los procesos importantes consiste en la cámara de mezcla donde el agua que ha sido descargada, es mezclada con:

- Cal: Ablandamiento del agua.
- Sulfato: Remueve partículas.
- Polímero: Adherencia entre las partículas.

De la efectividad de este proceso depende la calidad de agua que consume la población, de allí lo crítico del mismo.

Actualmente la cámara de mezcla funciona de manera manual al criterio del operador y por consiguiente generando mezclas de cal, sulfato y polímero no homogéneas y una gran pérdida de los recursos químicos. De lo expuesto se plantea la automatización electrónica de la cámara de mezcla para mejorar la calidad de agua para la población del cantón Tena.

¿Cuál sería el mejor forma de instrumentar para automatizar y mejorar la calidad de agua de la planta Colonso?

Tema:

Investigación, diseño e implementación del control automático de la cámara de mezcla para mejorar la calidad del agua de la planta de potabilización "Colonso".

Justificación del trabajo.

La ausencia de un proceso automatizado para la purificación del agua que consume la población del cantón Tena incide directamente su salud con la automatización de la cámara de mezcla se puede garantizar la calidad del agua y la optimización del uso de recursos.

Esta automatización es indispensable para que el agua que entra a los sedimentadores tenga menos impurezas y termine el proceso de tratamiento de una forma más sencilla y rápida. Mejorando la calidad de agua que es provista a la población.

Objetivos

Objetivo general.

Investigar, diseñar e implementar el control automático de la cámara de mezcla para mejorar la calidad del agua de la planta de potabilización "Colonso".

Objetivos específicos.

- Realizar la caracterización del proceso de la cámara de mezcla de potabilización del agua, para repotenciar el proceso actual.
- Diseñar y seleccionar los equipos de control y medición, mediante la ingeniería concurrente para ver su diseño de función para ajuste del control automático de la cámara mezcladora de agua.

- Diseñar e implementar el software del control y supervisión, para el proceso de la cámara de mezcla.
- Realizar un monitoreo de la calidad del agua, mediante un proceso químico para verificar la funcionalidad del control automático.

Descripción de cada capítulo

Capítulo 1: Descripción de las etapas que cumple una planta de tratamiento.

Capítulo 2: caracterización de los equipos implementados dentro del proceso que cumple la cámara de mezcla de químicos

Capítulo 3: desarrollo de flujogramas y software de programación con el fin de automatizar el proceso de la cámara de mezcla de químicos.

Capítulo 4: realización de pruebas para validar la funcionalidad de la automatización del proceso que cumple la cámara de mezcla de químicos

Capítulo 5: determinación de las conclusiones, recomendaciones y lista de referencias utilizada para desarrollo del presente trabajo de titulación.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Planta de potabilización de agua

La población del cantón Tena, provincia de Napo, en sus inicios consumía agua simplemente entubada, es decir el abastecimiento de agua se realizaba por medio de una tubería conectada directamente desde el río a la población, sin pasar previamente por etapas de tratado y purificado que mejoren su calidad. Con el pasar del tiempo y el crecimiento poblacional, el municipio en el año 2000 vio la necesidad de crear una planta potabilizadora de agua para el consumo humano, esta planta está ubicada en la parroquia de Muyuna a 8 km de la universidad IKIAM en la parte baja del bosque protector Colonso, fue creada para que la población tenga agua limpia, libre de impurezas tales como: palos, hojas, arena fina, arena gruesa, piedras, lodos, bacterias, virus y parásitos, estos son causantes del mal olor, color y mal sabor del agua, afectando directamente a la salud de las personas, provocando enfermedades, ya sean estomacales y de la piel.

La planta de potabilización realiza varios procesos de tratamiento y purificación del agua, estos se cumplen en 6 etapas que son: captación, desarenado, dosificación de químicos, sedimentación, floculación y clorado del agua.

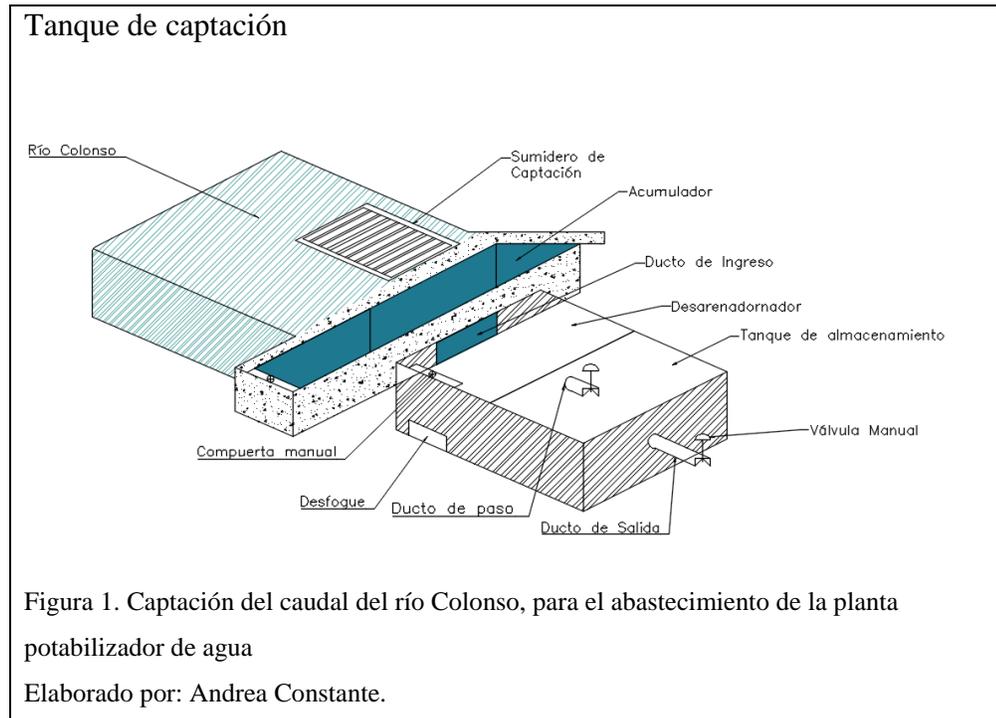
1.1.1. Primera etapa: Captación

La estructura de captación es tipo caucasiana, es decir, toma el agua de la zona inferior del flujo del río con un sumidero de dimensiones 1.0x0.5x1.0 metros (Largo x Ancho x Profundidad). El sumidero es utilizado para retener la basura que trae el flujo de agua tales como: palos, hojas, lodo y demás sólidos en suspensión que lleva el caudal del río.

La planta se abastece de 73.0 l/s de la cuenca del río Colonso, el caudal varía de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentan en la zona y pasa por un primer

filtrado. El agua sigue su cauce hacia el acumulador ubicado al filo del río que se encarga de distribuir el agua hacia al siguiente tanque desarenador, que separa la arena gruesa y rocas del agua mediante un desfoque que se encuentra al fondo del tanque y es controlado por una válvula manual que permiten dar mantenimiento al tanque desarenador, de manera que, con la ayuda del agua el arena y rocas sedimentadas regresan al río.

El agua retenida en el desarenador continúa al siguiente depósito de almacenamiento, por un ducto de 0.126 metros ubicado en medio de la pared que los une, esto puede observarse en la estructura en la Figura 1.1.

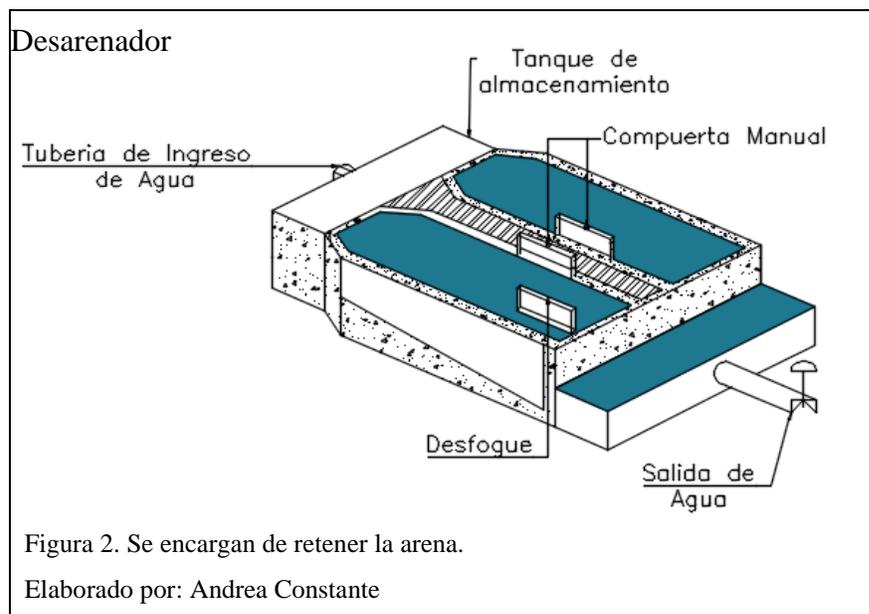


1.1.2. Segunda etapa: Desarenado

Inicia con un tanque de almacenamiento que se abastece de agua proveniente de la primera etapa y sirve para proveer de agua a los dos desarenadores mediante dos compuertas manuales ubicadas al inicio de cada tanque.

Los desarenadores son de tipo longitudinal, es decir están ubicados de forma paralela, esto sirve para que el uno opere mientras que el otro se encuentra en mantenimiento sin dejar de abastecer de agua al siguiente proceso. Su principal función es retener la arena fina y también partículas de mayor densidad, las cuales no fueron filtradas en la primera etapa tales como: las hojas y el lodo, estas partículas se van acumulando en el fondo de cada desarenador, permitiendo que el agua que ingresa a los sedimentadores no presenten residuos en suspensión.

El mantenimiento de los desarenadores se realiza periódicamente mediante ductos ubicados en el fondo de estos y controlados por válvulas manuales. La estructura de los desarenadores se muestra en la Figura 1.2.



1.1.3. Tercera etapa: Dosificación

Consiste en una línea de flujo que pasa entre los desarenadores y sedimentadores, allí se encuentra ubicado el canal parshall, donde se va a dosificar los químicos como: sulfato de aluminio, cal y polímero mediante la cámara mezcladora.

Sulfato de aluminio: Este químico es utilizado como coagulante para disminuir la turbidez y clarificar el agua; es decir se encarga de sedimentar algas, lodos, palos y demás partículas suspendidas en el agua. La dosis del sulfato de aluminio es de 200mg por cada 1litros de agua.

Cal: Este químico es utilizado principalmente para ablandar el agua; es decir, para eliminar las sales minerales de calcio y magnesio. Además, elimina toxinas perjudiciales como el radón y el arsénico, equilibrando el PH del agua. La dosis de cal es de 75mg por litro de agua.

Polímero: Sirve como floculante, es decir aglutina los sólidos en suspensión terminada la coagulación, creando una reacción química y eliminando las cargas negativas que causan que las partículas se repelan entre sí, y de esta manera las partículas se hagan más grandes y pesadas, facilitando la sedimentación. La dosis de polímero es de 0.5mg por litro de agua.

En esta etapa es donde se llevará a cabo el proceso de dosificación de químicos, objeto de este proyecto técnico, que tiene como objetivo clarificar el agua eliminando la turbidez, es decir reducir las impurezas tales como bacterias, organismos patógenos, las mismas sustancias que producen mal olor y sabor, además eliminan virus causantes de enfermedades.

Las mezclas de sulfato de aluminio, cal y polielectrolito son realizadas en tanques de agua de dimensiones de 1.30x1.30x1.30 metros (BxAxP), uno para cada reactivo químico, en cada uno de estos reservorios solo se utilizarán 0.98 metros de altura, es decir operan al máximo con 1656.0 litros de agua para prevenir que rebose al momento de realizar las mezclas con los agitadores estáticos, estos son utilizados para homogenizarlas, permitiendo que cada compuesto químico, con ayuda del agua, se disuelvan antes de ser dosificados.

La dosis de cada químico es directamente proporcional con la turbidez, color y mal olor del agua, por ello es necesario realizar pruebas de jarras, utilizadas como simuladores,

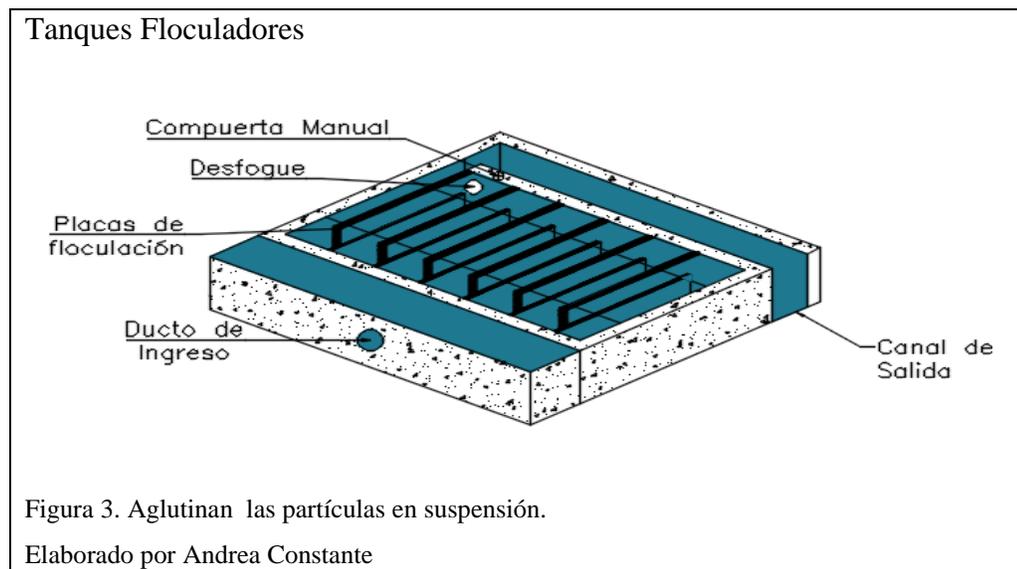
esto consiste en tomar muestras de agua del río, se las ingresa en el laboratorio para determinar las dosis de cada químico que deben aplicarse en el caudal del canal parshall para determinar la calidad del agua. Las pruebas de jarras permiten simular el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, a los cuales son expuestas las partículas en suspensión. Una vez determinada la dosis de cada químico, a ser utilizada, la mezcla es dosificada al canal parshall, con la ayuda de una tubería controlada por una válvula manual, cuyo caudal avanza hacia los floculadores.

1.1.4. Cuarta etapa: Floculación.

Terminado el proceso de dosificación de químicos el agua continúa hacia los floculadores.

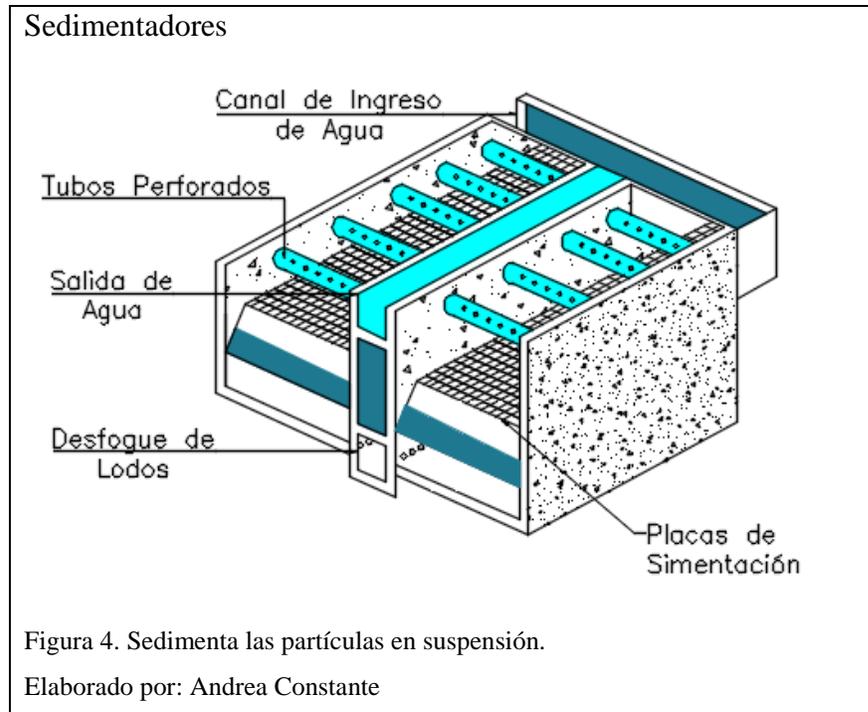
Se llama así porque es un tanque con canales en forma de serpiente que utilizan paletas verticales ubicadas una tras otra para obtener este aspecto, estos canales ayudan a que el agua se agite y cambie de velocidad, permitiendo que las partículas se aglutinen entre sí, es decir las partículas se agrupan entre ellas volviéndose más grandes y pesadas, ubicándose en el fondo de los tanques floculadores.

La salida del lodo acumulado en los floculadores es posible por un ducto ubicado en el fondo, controlado por una compuerta manual, la estructura de los tanques floculadores se muestra en la Figura 1.3.



1.1.5. Quinta etapa: Sedimentadores

Etapa que se encarga de sedimentar las partículas en suspensión proveniente de los floculadores, por medio de placas de dilución, con el objetivo de clarificar el agua antes que ingrese a los canales de colección (tubos perforados), estos permiten el paso de agua al tanque de almacenamiento, su estructura se muestra en la Figura 1.4.



1.1.6. Sexta etapa: Cloración

Proceso de clorado, en esta etapa se deposita cloro gas al tanque de almacenamiento mediante un inyector directo, por lo que la regulación de la cantidad de cloro se la realiza manualmente, este proceso se realiza para eliminar los últimos microorganismos patógenos como: virus y bacterias que son nocivos para la salud, permitiendo que el agua sea apta para el consumo humano, porque se ha logrado desinfectarla.

Al finalizar las 6 etapas el agua está lista para su distribución por el sistema de provisión de agua potable a la población.

CAPÍTULO 2

DISEÑO

2.1. Diseño del sistema de control de la cámara mezcladora de químicos

El proceso de operación de la cámara mezcladora está descrito en el primer capítulo, en específico en la tercera etapa. El objetivo de automatizar esta área, es minimizar las actividades que realizan los operadores y garantizar la dosificación de químicos en cada instante de tiempo.

Para determinar el tipo y la cantidad de reactivo a utilizar se realizan las pruebas de Jarras, para esto existen equipos de medida de distinto número de jarrones, el método consiste en tomar muestras de agua del río en recipientes de 1,0 l, donde se depositarán diferentes reactivos químicos que purifiquen el agua, una vez realizado este proceso se verifica que las cantidades coladas produzcan las reacciones esperadas.

Las condiciones finales de la prueba de jarras deben cumplir con la norma CPE INEN 005-9-1 “Código Ecuatoriano de la construcción, normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para la poblaciones mayores a 1000 habitantes”. (normalizacion, 1986).

Cada vez que en la planta se realiza esta prueba, es cuando existe la presencia de turbidez para determinar los porcentajes de mezcla, considerando un caudal de tratamiento constante de 648000l/h o 648m³/h, de acuerdo a este caudal se ha considerado una disolución madre formada por 3 sacos de sulfato, 1 un saco ½ de cal y 700,0 g de polímero determinado un valor constante en base de pruebas empíricas.

Tabla 1.

Cantidades a dosificar de cada químico.

Turbiedad NTU	ppm (g/m ³) o (mg/l)	PH	Sulfato al 10% en g/l	Cal al 10% en g/l	Polímero al 10 % en g/l
5-15	7,5	6,5-8,5	254,5096852	127,2548426	700,0
16-26	10,5	6,5-8,5	347,0792978	173,5396489	700,0
27-37	13,5	6,5-8,5	446,2318402	223,1159201	700,0
38-48	16,5	6,5-8,5	545,3843826	272,6921913	700,0
49-59	19,5	6,5-8,5	641,2681598	320,6340799	700,0
60-70	22,5	6,5-8,5	743,7348668	371,8674334	700,0
71-81	25,5	6,5-8,5	842,8874092	421,4437046	700,0
82-92	28,5	6,5-8,5	942,0853511	471,0426755	700,0
93-103	31,5	6,5-8,5	1041,237893	520,6189467	700,0
104-114	34,5	6,5-8,5	1140,390436	570,1952179	700,0
115-125	37,5	6,5-8,5	1232,960048	616,4800242	700,0

Nota: Cantidades a dosificar de sulfato e hidróxido de calcio en función a la turbidez.

Elaborado por: Andrea Constante.

$$q \left(\frac{l}{h} \right) = \frac{D \left(\frac{mg}{l} \text{ o } \frac{g}{m^3} \right) * Q \left(\frac{m^3}{h} \right)}{Cp(\%) * C \left(\frac{g}{l} \right)} \quad \text{Ecuación 1.}$$

C= Concentración de la disolución $C \left(\frac{g}{l} \right) = C(\%) * 10 = 10 * 10 = 100 \left(\frac{g}{l} \right)$

D=Dosis $ppm = \left(\frac{g}{m^3} \right) \text{ o } \left(\frac{mg}{m^3} \right)$

Q= Caudal de tratamiento $648000 \left(\frac{l}{h} \right) = 648 \left(\frac{m^3}{h} \right)$

Cp= Concentración del producto = 89%

Estos valores serán fundamentales en la elección de las bombas, con el fin de acaparar el caudal de dosificación en todos los casos e incluso poner las dos bombas en operación para casos excepcionales. Aunque para estos casos se recomienda parar la planta durante el período que dure esa punta de turbidez si la demanda de agua potable lo permite.

En la Tabla 2 se muestra el caudal a dosificar dependiendo de la turbiedad, basados en los datos de la Tabla 1, utilizando la ecuación 1.

Tabla 2.

Caudales de dosificación

Turbiedad	PH	sulfato al 10% en l/h	cal al 10% en l/h	polímero al 10% en l/h
5 - 15	6,5-8,5	54,61	27,31	54,61
16-26	6,5-8,5	76,45	38,23	76,45
27-37	6,5-8,5	98,29	49,15	98,29
38-48	6,5-8,5	120,13	60,07	120,13
49-59	6,5-8,5	141,98	70,99	141,98
60-70	6,5-8,5	163,82	81,91	163,82
71-81	6,5-8,5	185,66	92,83	185,66
82-92	6,5-8,5	207,51	103,76	207,51
93-103	6,5-8,5	229,35	114,68	229,35
104-114	6,5-8,5	251,19	125,6	251,19
115-125	6,5-8,5	273,03	136,52	273,03

Nota: Caudales a dosificar dependientes del rango de turbidez

Elaborado por: Andrea Constante.

Una vez obtenidos los caudales a dosificar, se realizar los cálculos para determinar el tiempo de apertura de las bombas, valores encontrados con una regla de tres, teniendo en cuenta las siguientes condiciones de dosificación en base a los tanques de procesamiento de 100,0 l.

- Dosificación de sulfato dependiente de la turbidez.
- Dosificación de hidróxido de calcio al 50% del sulfato.
- Dosificación de polímero contante de 700g.

Estas condiciones aplican siempre y cuando la apertura de las válvulas sea constante e igual para cada una, por lo tanto se ha considerado para los cálculos una apertura del 100%.

Dadas estas condiciones se obtienen la Tabla 3.

Tabla 3.

Tiempo de apertura de las bombas

Turbiedad NTU	Sulfato tiempo en minutos	Cal tiempo en minutos	Polímero tiempo en minutos
5 - 15	8,4	3,6	8,4
16-26	11,4	4,8	11,4
27-37	15	6	15
38-48	18	7,2	18
49-59	21	8,4	21
60-70	24,6	9,6	24,6
71-81	27,6	11,4	27,6
82-92	31,2	12,6	31,2
93-103	34,2	13,8	34,2
104-114	37,8	15	37,8
115-125	40,8	16,2	40,8

Nota: Tiempo de apertura de las bombas para cumplir con el caudal de dosificación establecido en la Tabla 2

Elaborado por: Andrea Constante.

El tiempo en minutos mostrado en la Tabla 3 se ha calculado mediante el método aritmético de la regla de tres, en base de los caudales de dosificación y el caudal de las bombas de sulfato y cal respectivamente, ya que las características técnicas no son las mismas.

No se considera el caudal de la bomba de polímero, debido a que este químico se debe dosificar en cantidades iguales al sulfato.

2.2. Características técnicas de los equipos a instalar

En esta parte del trabajo se dará una breve introducción de las características técnicas, de los equipos utilizados dentro de la planta.

Tabla 4.

Descripción de los equipos

# de equipo	Equipo a instalar		Función
1	Multiparamétrico	Sensor de turbidez.	Detectar la presencia de partículas suspendidas en el agua.
		Sensor de pH.	Determinar la acidez del agua.
1	Caudalímetro ultrasónico	Sensor de caudal.	Medir el caudal de entrada del canal Parshall.
2	Bombas eléctricas con rotor excéntrico.		Dosificar del sulfato que actúa coagulante.
2	Bombas neumáticas.		Dosificar de cal que actúa como regulador de pH.
2	Bombas eléctricas sin excéntrico.		Dosificar de polímero que actúa como floculante.
3	Placas de dilución.		Eliminar los últimos gránulos de impurezas antes de la dosificación.
1	Compresor de aire.		Proveer de aire a los equipos neumáticos como bombas y electroválvulas.
12	Sensores magnéticos de nivel.		Indicar los niveles de llenado de agua en cada tanque.
6	Electroválvulas.		Controlar el llenado de los tanques y la línea de reducción de concentración.
1	PLC		Ejecutar algoritmos de control para el sistema.
	Equipo a acondicionar		
3	Agitadores estáticos.		Realizar la mezcla de la solución madre de cada tanque.

Nota: Lista de equipos a ser instalados.

Elaborado por: Andrea Constante.

2.2.1. Transmisor Multiparamétrico.

El transmisor multiparamétrico es un instrumento de medida que funciona en conjunto con sensores de análisis de fluidos que sirven para el monitoreo y control de procesos industriales, en la Tabla 5 se describe las ventajas y desventajas del equipo sugerido y entregado.

Tabla 5.

Multiparamétrico

Multiparamétrico CM442R	
Ventajas	Desventajas
Instalación rápida	Su alto costo
Fácil manipulación y operación	Capacidad max admisible de sensores: 2
Los datos se observan de modo remoto	Adaptable solo dentro de tableros de control
Facilidad de mantenimiento	
Multiparamétrico CM44	
Instalación rápida	Su alto costo
Capacidad max admisible de sensores: 4	
Los datos se observan de modo remoto	
Facilidad de mantenimiento	
Adaptable dentro y fuera de tableros de control	

Nota: Los dos equipos trabajan con el mismo tipo de sensores de pH y turbidez.

Elaborado por: Andrea Constante.

De acuerdo a la Tabla 5 y por pedido del contratista se utilizó el multiparamétrico CM444 que se visualiza en la Figura 5.



Su principal beneficio es la configuración y rápida implementación en campo. Consta de una pantalla digital y botones de navegación, los mismos que permiten desplegar los valores y las unidades de las variables utilizadas en el proceso los cuales son: turbidez y pH/redox.

En base a estas características y la generosidad de protocolos de comunicación que presenta el equipo, lo convierte en ideal para la utilización en la planta.

Los sensores utilizados son: el de turbidez y el de pH. El primero de estos se encarga de detectar las partículas en suspensión que miden entre 0.099 hasta 4000 NTU, causantes del mal olor, color y sabor del agua, y el segundo detecta el porcentaje de acides del agua en cantidades que deben estar dentro del rango de 6,5 a 8,5 de pH.

Sensor de turbidez



Figura 6. Detecta los valores de NTU's.

Elaborado por: Andrea Constante.

Sensor de Ph



Figura 7. Detectan el porcentaje de acides del agua.

Elaborado por: Andrea Constante.

2.2.2. Caudalímetro.

Para la medición de caudal es necesario tener un equipo que permita obtener y visualizar los datos en tiempo real, en la Tabla 6 se describe las características del equipo sugerido y entregado.

Tabla 6.

Caudalímetro

CAUDALIMETRO ECHOTEL335	
Ventajas	Desventajas
Fácil desmontaje en línea	Su alto costo
Medición de caudal en canales abiertos	
Visualización de datos en tiempo real	
Facilidad de mantenimiento	
Trabaja Sin contacto con el fluido	
Trabaja con agua turbia o limpia	
CAUDALIMETRO ultrasónico FMU90	
Instalación rápida	Su alto costo
Medición de caudal en canales abiertos	
Visualización de datos en tiempo real	
Trabaja con agua turbia o limpia	
Opera Sin contacto con el fluido	

Nota: Ventajas y desventajas del equipo.

Elaborado por: Andrea Constante.

De acuerdo a la Tabla 6 y por pedido del contratista se utilizó el sensor FMU90 visualizado en la Figura 8.



El sensor de caudal permite trabajar en canales abiertos, de manera no sumergible. Este debe ser colocado a una distancia de 1.2 m y con un ángulo de 90° con respecto a la superficie a sensar, cuyo principio de funcionamiento se basa en enviar pulsos ultrasónicos hacia la superficie del fluido, de acuerdo a la fuerza del eco que regresa al transductor se calcula la distancia, es decir entre más fuerte es la señal de eco que retorna, más cerca se encuentra el producto. Además el ángulo de reflexión influye proporcionalmente en la velocidad del líquido, ya que a mayor ángulo de reflexión menor es la señal que regresa al transductor, por lo cual se asume una mayor velocidad del fluido. Los parámetros de distancia y ángulo son considerados matemáticamente en las lecturas realizadas por el sensor de caudal, para visualizar el caudal de trabajo se utiliza el Caudalímetro Ultrasónico, este equipo trabaja con una alimentación de 90-253VAC con señal de salida 4 – 20mA, HART y con 3 contactos de salida tipo relé, además consta de protección IP68 NEMA6P.

Estas características son importantes para la elección, ya que el canal parshall es abierto y presenta en tiempos de lluvia, sólidos en suspensión de tamaño considerable que causarían el daño del sensor si este fuese sumergible.

La utilización de este equipo es necesario dentro de la planta para tener una medición constante del flujo de entrada y de esta manera conocer la cantidad de agua que va a ser tratada. Esto es posible gracias al trabajo en conjunto que realizan del sensor de caudal y el Caudalímetro ultrasónico

2.2.3. Bombas dosificadoras

Para la elección de las bombas dosificadoras se consideró el número de tanques de bombeo y el tipo de químico que va a circular por cada una de ellas. Teniendo en cuenta que es necesario tener dos bombas por cada tanque por motivos de mantenimiento, a continuación se detalla las características técnicas de estas.

- Bombas de rotor excéntrico

Bomba Bellin EUX



Figura 9. Dosifica el sulfato.

Elaborado por: Andrea Constante.

Las Bombas Bellin con rotor excéntrico tienen un caudal de trabajo de 400 [l/h], cuya presión de impulsión es de 1 [bar], con motor de 0.55KW de potencia, tensión de 220V/Trifásica y frecuencia de 60 Hz, equipo con protección IP55 y adicionalmente consta de un moto variador incluido.

Esta bomba fue utilizada ya que permite trabajar con químicos de fácil dilución como es el caso del sulfato, adicionalmente la potencia del motor y la tensión se ajustan a la red de corriente presente en la planta.

- Bombas Wilden

Bomba neumática Wilden



Figura 10. Dosifica la cal.

Elaborado por: Andrea Constante.

Bombas de doble diafragma operadas mediante aire, cuya toma de entrada y salida es de 13,0 mm, su caudal de trabajo es de 1720,0 l/h con 8,6 bar máximo de presión del aire. En la planta su caudal será de 1000,0 l/h ya que se considera una presión del aire de 5 bar, esto permitirá doblar el caudal de dosificación requerido ya que están trabajando al

50% de su capacidad total, es decir se presenta un caudal de trabajo de 500l/h, además este equipo tiene protección IP55.

Esta Bomba se elige por que permite la fácil regulación de caudal, además la utilización de aire permite eliminar los cristales que llegan a formarse en la solución madre de cal.

- Bomba sin rotor excéntrico

Bomba Bellin sin rotor excéntrico



Figura 11. Dosifica el polímero.

Elaborado por: Andrea Constante.

Bomba Bellin sin rotor excéntrico su caudal contante de trabajo de 400 [l/h], los valores de potencia, frecuencia y tensión son iguales a la bomba utilizada para el sulfato.

Esta bomba fue seleccionada porque sus propiedades permiten trabajar con químicos no corrosivos como es el caso del polímero, por este motivo no es necesario que sean de acero inoxidable ni que poseen rotor excéntrico, esta es otra ventaja ya que al no tener estas dos características se reduce el costo de su compra.

2.2.4. Placas de dilución

Placa de dilución



Figura 12. Conjunto de rotámetros y mezclador estático.

Elaborado por: Andrea Constante.

Es el conjunto de dos rotámetros y un mezclador estático. Este equipo fue proporcionado para visualizar el flujo de agua y eliminar los últimos gránulos presentes en la solución antes de la dosificación, permitiendo tener mezclas homogéneas, otra ventaja es que no necesita de energía eléctrica para su funcionamiento, ya que se alimenta con el simple paso del agua.

Este equipo es utilizado para conectar la línea de dosificación y la línea de agua con el objetivo de reducir la concentración madre del 10% al 1%, esto se realiza con el fin de tener una dosificación igual a las pruebas de jarras.

2.2.5. Compresor de aire



Equipo con presión nominal de 6,2 bares y presión máxima de trabajo de 10,0 bares, con un caudal de aire libre suministrado a presión nominal de 250 l/min., también constan de un motor de 2 HP que trabaja con una tensión de 220V trifásico y una velocidad de 3450 r.p.m con una frecuencia de 60 Hz, cuya transmisión es por banda.

El compresor fue proporcionado de acuerdo a la capacidad de aire que requiere la planta en su totalidad, la cámara de mezcla está considerada en el 30%, ya que existen dos

bombas neumáticas que operan en un rango de 5 bares. El resto de la presión de aire esta consumida en el área de los sedimentadores.

Una ventaja que también influye en la decisión del compresor es que el voltaje de alimentación de este, se acopla a la red eléctrica principal que la planta presenta.

2.2.6. Sensor de nivel

Es Equipo utilizado para medir la altura del agua, en la Tabla 7 se describe las ventajas y desventajas del equipo sugerido y entregado.

Tabla 7.

Sensor de nivel

Sensor de nivel RM4-L	
Ventajas	Desventajas
Fácil instalación	Su alto costo
Protección IP50	Trabaja con contacto con el agua
Contactos auxiliares	Protección IP50
Facilidad de mantenimiento	
Escala de sensibilidad	
Sensor de nivel BSM 501	
Instalación rápida	Su alto costo
Medición de tipo magnética	No posee escala de sensibilidad
Forma de trabajo sin contacto con el fluido	
Grado de protección IP65	

Nota: Ventajas y desventajas del equipo.

Elaborado por: Andrea Constante.

De acuerdo a la Tabla 7 y al pedido del contratista se utilizó el sensor BSM 501, que se visualiza en la figura 14.

Sensor magnético



Figura 14. Indican la altura de agua en los tanques

Elaborado por: Andrea Constante.

Los sensores magnéticos trabajan bajo el principio de interruptor magnético biestable, con una alimentación de 4V a 30VDC, este instrumento de medida es accionado por un flotador magnético.

Estos sensores han sido proporcionados por su principal característica de trabajar con químicos corrosivos, además el equipo permite el sensado de los fluidos con partículas en suspensión, que se podrían generar por la presencia de químicos en los tanques, presenta una tubería transparente de pvc lo cual nos permite tener un control visual.

Estos sensores también llamados interruptores magnéticos llevan el control de nivel en cada uno de los tanques de la planta, han sido proporcionados por su fácil mantenimiento, su precisión, su bajo costo en el mercado y tiempo de garantía que presentan en las industrias, estas características permiten que la boya este en contacto con la solución madre de cada tanque.

2.2.7. Electroválvula

Equipo electromecánico utilizado para permite o impide el paso de un líquido cualquiera, en la Tabla 8 se describe las características del equipo sugerido y del proporcionado por el contratista.

Tabla 8.

Electroválvula

Electroválvula 4630N	
Ventajas	Desventajas
Fácil instalación	Su alto costo
2 vías	Cierre de teflón
Contactos auxiliares	
Facilidad de mantenimiento	
Piloto de acero inoxidable	
Electroválvula B1F	
Instalación rápida	Su alto costo
2 vías	
Material de acero inoxidable	
Cierre NBR	

Nota: Ventajas y desventajas del equipo.

Elaborado por: Andrea Constante.

De acuerdo a la Tabla 8 y al pedido del contratista se utilizó la electroválvula B1F, que se visualiza en la figura 15.



Estas válvulas fueron utilizadas porque presentan una característica de apertura de caudal rápida, esto es importante ya que en la dosificación de químicos se abren tiempos cortos y permite una mayor exactitud al momento de abrir o cerrar, adicionalmente se consideró que pueden trabajar con fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, características propios de los químicos a utilizar, de esta manera se garantiza una larga vida útil, también es un punto importante que las válvulas tienen un fácil mantenimiento y una gran facilidad de limpieza todo esto para evitar la acumulación de polvo y la suciedad que generan los insectos propios de la zona.

2.2.8. Agitador electromecánico

Agitador electromagnético



Figura 16. Utilizado para mezclar la solución madre.

Elaborado por: Andrea Constante

Este equipo es de tipo hélice plana, cuyo accionamiento es a través de un motor eléctrico que tiene una potencia de trabajo de 1HP/1660 RPM, cuya tensión trifásica es de 220V con una frecuencia de 60 Hz, además al tener 4 polos presenta un deslizamiento del 7.7%, con la capacidad de mezcla de 25.45 kg/m ya que la salida del reductor es de 28.13 RPM.

Los agitadores son utilizados para mezclar el agua con los diferentes químicos como son: el sulfato de aluminio, hidróxido de calcio y polímero, con el fin de homogenizar las mezclas madres que posteriormente se verterá en el canal parshall de acuerdo al grado de turbidez y pH del agua recolectada del río.

2.3. Características del cuadro de control y maniobra.

2.3.1. PLC

Equipo utilizado para ejecutar la programación y control de los elementos del sistema, en la tabla 9 se describe las ventajas y desventajas del equipo sugerido y del equipo proporcionado por el contratista.

Tabla 9.

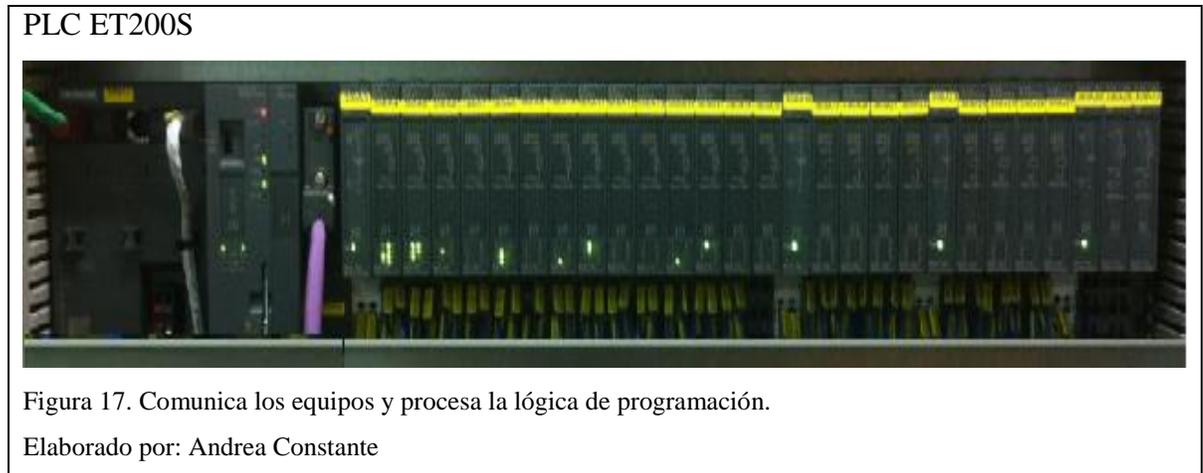
PLC

PLC ZELIO LOGIC	
Ventajas	Desventajas
Fácil instalación	Su alto costo
Equipo actual	Cierre de teflón
Contactos auxiliares	Comunicación con cable Zelio
Facilidad de mantenimiento	Stop de repuesto internacional.
Software comunicación sin costo	
Equipo modular	
PLC ET 200S	
Fácil instalación	Equipo descontinuado
Comunicación con cable Ethernet	Software comunicación con licencia pagada
Stop de repuesto nacional	
Familiaridad con el equipo	
Equipo modular	

Nota: Ventajas y desventajas del equipo.

Elaborado por: Andrea Constante.

De acuerdo a la Tabla 9 y al pedido del contratista se utilizó el PLC ET200S, que se visualiza en la Figura 17.



El PLC SIMATIC ET 200S, autómata totalmente modular con un máximo de 63 módulos, con protección IP20, el cual presenta una comunicación PROFIBUS DP que permite enlazar los equipos del cuadro de control.

Este equipo presenta tres memorias, una de trabajo de 262 KB, una de carga de 512KB y finalmente una remanente de 63KB, memorias que proporcionan mayor velocidad en la lectura y recepción de datos, igualmente el PLC está compuesto por módulos de potencia, entradas y salidas análogas como digitales.

Este PLC fue proporcionado por la gran variedad de equipos y repuestos que se encuentra en el mercado local, con lo cual el cliente se siente respaldado por la garantía que presentan los equipos, un valor importante que se puede agregar es el precio, el cual es competitivo referente a otras marcas que ofrecen las mismas ventajas y prestaciones. Adicionalmente se consideró la familiaridad con el software Simatic Manager, puesto que durante la carrera universitaria se trabajó sobre esta plataforma de programación, un factor importante es la escalabilidad que presenta el equipo por ser modular, con esto se asegura la posible expansión de módulos en el futuro.

Determinados los equipos a implementar se realizó los planos P&ID, los mismo que son la base para los planos de control y de fuerza.

2.4. Planos P&ID

P&ID (diagramas de procesos industriales), sus siglas lo indica son planos que permitirán realizar el diseño de un proyecto industrial cumpliendo las normas ISA S5.1 - S5.3, facilitando armar el diseño requerido.

El diseño implementado se observa en el Anexo 1

Se realizó el diseño expuesto en el Anexo 1, basándose principalmente en el área a ser implementado el proyecto, partiendo de esto las bombas fueron colocadas en frente de cada tanque para prevenir que las tuberías que conectan a las mismas obstaculicen el paso de los operadores en el momento de la colocación de los químicos en los tanques de mezcla. Las líneas de dosificación fueron complementadas con las placas de disolución que se encuentran ubicadas sobre la pared lateral derecha (vista de frente), las mismas llegan al canal parshall por medio de tuberías que están fijadas en la pared, con el fin de reducir el impacto visual.

Se tomó en cuenta la colocación de válvulas manuales de bola y anti retorno ubicadas en cada una de las líneas de dosificación para realizar mantenimientos de los equipos.

Una vez finalizado el diseño esquemático del proyecto, se continuó con la implementación del tablero de control, para esto fue necesario tener todos los equipos previamente dimensionados, para considerar las protecciones necesarias de cada uno de estos elementos.

Para interpretar el funcionamiento y conexionado de cada uno de los equipos es necesario realizar los planos de control y fuerza.

2.4.1. Fuerza

Los diagramas de fuerza están constituidos por 4 planos, los cuáles se ven en el Anexo 2. El objetivo de los planos de fuerza es visualizar esquemáticamente las conexiones eléctricas, se representan desde el inicio de la línea de energía hasta cada uno de sus actuadores finales.

En los diagramas se destacan especificaciones como las siguientes: el breaker principal de 230 VAC que se encarga de proteger aguas abajo es decir hacia el armario de control, también se puede apreciar un interruptor de baja tensión de 125 amperios, seguido del distribuidor de energía, los contactores y guardamotors que se encuentran asignados a cada uno de los motores de las bombas, la función de estos elementos es proteger los equipos por sobre tensión y sobre temperatura.

Los planos de fuerza son muy importantes, ya que facilitan la ubicación de los elementos, estos vienen identificados con un nombre propio, además describen los bornes de conexión de cada uno de los equipos, el calibre y número del conductor que se está utilizando para la interconexión entre los distintos elementos.

2.4.2. Control

El tablero de control fue entregado por el proveedor, en base a este cuadro se establecieron los planos detallados en el Anexo 3.

El objetivo de los diagramas de control es demostrar las diferentes conexiones que tienen los: pulsadores, contactos, sensores, luces pilotos, bobinas, electroválvulas, bocina, entradas y salidas del PLC, además estos planos se encargan de mostrar la lógica de encendido y apagado que cada elemento realiza. Como es el caso de la pulsetería relacionada con el accionamiento de marcha y paro de los equipos. También ayuda a identificar el calibre del cable que se va a utilizar para la alimentación y el voltaje al cual se van a polarizar los equipos.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE FLUJOGRAMAS, SOFTWARE Y HMI

3.1. Desarrollo del flujograma

Los flujogramas son la representación gráfica de una secuencia lógica, que permiten encadenar símbolos para visualizar un proceso determinado, con el fin de comprender y simplificar las actividades a efectuarse.

Para entender de manera sencilla el proceso de dosificación que cumple la cámara mezcladora, se realizaron flujogramas que se detallan a continuación: el primer proceso es el llenado de tanques, el cual está controlado a través de los valores emitidos por el multiparamétrico y de las señales que emiten los sensores de nivel, permitiendo dar condiciones de máximo máximo y mínimo mínimo, los mismo son ocupados por seguridad: el primero es usado para prevenir desborde de agua y el segundo es utilizado para que las bombas no aspiren en seco y para que el agitador este encendido durante todo el proceso de mezcla y dosificación.

También se consideró implementar un sensor de nivel mínimo para que se encargue de generar una señal que permite abrir la electroválvula de ingreso de agua de tal manera que el llenado de los tanques empiece, además se implementó un interruptor de nivel máximo quien da la pauta para que inicie el proceso de dosificación. El proceso de llenado se cumple en cada uno de los tanques de: sulfato, cal y polímero respectivamente. Cada vez que el sensor de nivel mínimo de cada tanque se desactive, se cumple un lote de dosificación, para más detalle en el Anexo 4.1.

El segundo proceso que cumple la cámara mezcladora es la dosificación de: sulfato y polímero, lo que se ejecuta cuando hay la presencia de agua turbia, datos que se obtienen a través de las lecturas que proporciona el sensor de turbidez, a través de un transductor estos valores se reflejan en el multiparamétrico, quien posteriormente transmitirá la

información al PLC a través de una red de comunicación PROFIBUS DP, de acuerdo a los datos obtenidos se establece la condición de encendió y el tiempo de dosificación de las bombas, basándose en los antecedentes obtenidos en la Tabla 3, con el fin de eliminar la turbidez presente en el caudal de entrada, para más detalle del proceso diríjase al Anexo 4.2.

El proceso 3 se encarga de la dosificación de cal, esto ocurre cuando las lecturas del sensor de pH son mayores a 8,5. Esta condición permite encender la bomba neumática hasta lograr estabilizar el valor de pH. entre el rango de 6,5 y 8,5, para más detalle del este proceso ver el Anexo 4.3.

Se ha considerado como importante la lógica mostrada en la Anexo 4.4, ya que permite realizar el mantenimiento de las líneas de dosificación. Esto ayuda a combinar el funcionamiento de las dos líneas de dosificación de cada tanque, indicando que trayecto está activado y cual esta desactivo. Esta lógica se visualiza en el Anexo 4.4.

Por último se establece la condición del paro de emergencia que detiene el proceso que este ejecutándose en la cámara mezcladora, con el fin de prevenir que los equipos y los operarios de la planta sufran daños en circunstancias de peligro, esta lógica se visualizar el Anexo 4.5.

3.2. Desarrollo de la lógica de programación.

Para la elaboración de las líneas de código se utilizó el software *Simatic Manager*, que permite configurar y programar varios modelos de PLC's de la familia *SIEMENS*, utilizando diversos lenguajes de programación como; *KOP*, *AWL*, *FUP* o *GRAPH*.

Este software permite elaborar bloques de programación, para ello es necesario crear un nuevo proyecto. Acción que se ejecuta al dar clic en menú *archivo*, luego se selecciona la opción *nuevo proyecto* y esta le permite visualizar la ventana de la Figura 18, en la

cual se escribe el nombre del nuevo proyecto, para finalizar esta acción se da clic en el botón *aceptar*.

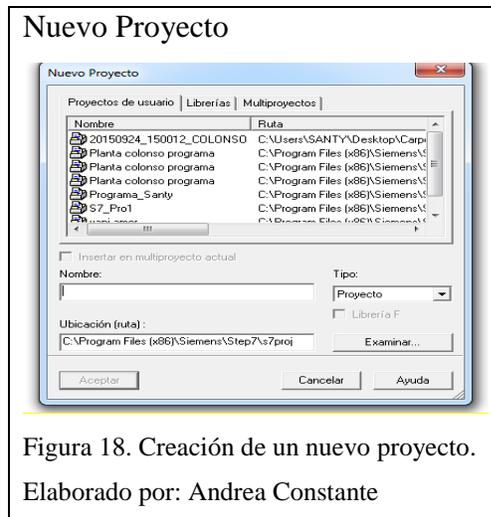


Figura 18. Creación de un nuevo proyecto.

Elaborado por: Andrea Constante

Dentro del proyecto se debe dar clic derecho, para visualizar las opciones de la Figura 19, de las cuales se escoge *insertar nuevo objeto* con el fin de seleccionar la serie del autómatas a programar.

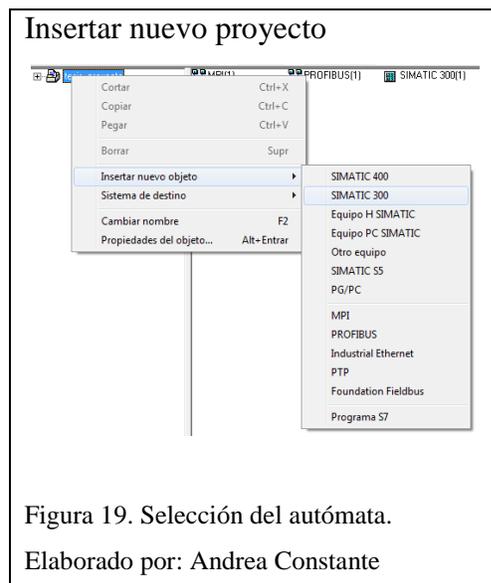


Figura 19. Selección del autómatas.

Elaborado por: Andrea Constante

Una vez insertado el autómata a programar se procede a configurar el hardware y a realizar la selección de los módulos a utilizar a través de su respectivo número de serie. En la Figura 20 se visualiza algunos de los equipos empleados y disponibles.

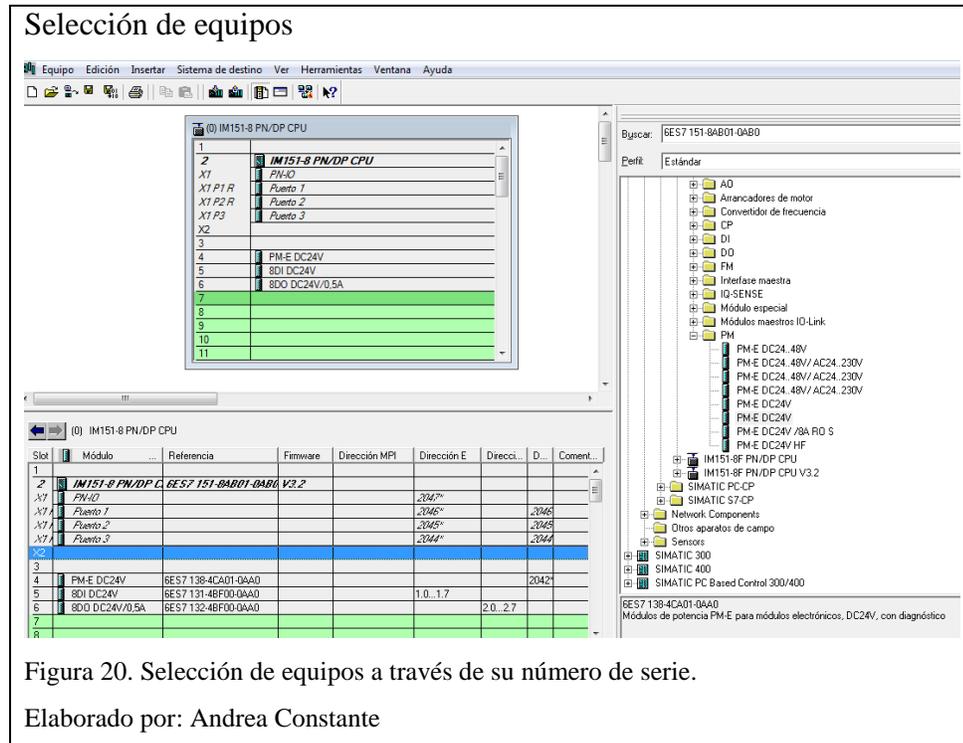


Figura 20. Selección de equipos a través de su número de serie.

Elaborado por: Andrea Constante

De la lista general de equipos ubicada en la parte derecha de la ventana *HW Config*, se selecciona la interfaz maestra y se la arrastra al hardware para adherirle, para los demás componentes del PLC modular se tiene que utilizar el procedimiento descrito.

Para configurar los parámetros de la red Profibus se da doble clic en la interface maestra previamente incorporada, acción que permite el despliegue de la ventana *Propiedades-DP*, en la cual se selecciona la opción *Propiedades*, este paso se ejecuta para abrir la siguiente ventana llamada *Propiedades-Interface PROFIBUS DP*, en donde se selecciona el ícono de *Propiedades* para conformar la red y para finalizar se da clic en el botón *aceptar* en cada una de las ventanas desplegadas. En la Figura 21 se visualiza de forma gráfica los pasos a seguir para crear la red Profibus.

Configuración de la red Profibus.

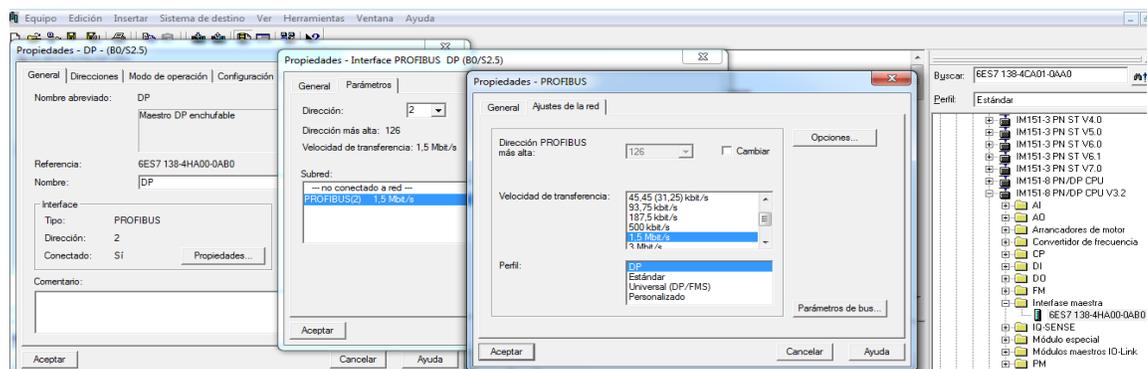


Figura 21. Ajustes de la red Profibus a través de sus ventanas de configuración.

Elaborado por: Andrea Constante

Finalizada la configuración de la red Profibus se seleccionan los equipos que actuarán como esclavos, estos se encuentran dentro del listado general de equipos en la opción de *PROFIBUS PA*, permitiendo escoger los equipos de análisis y de nivel. En la Figura 22 se visualiza gráficamente la red Profibus.

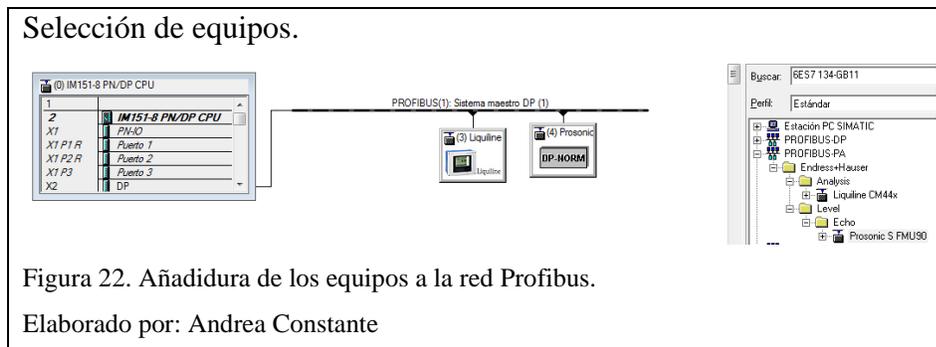
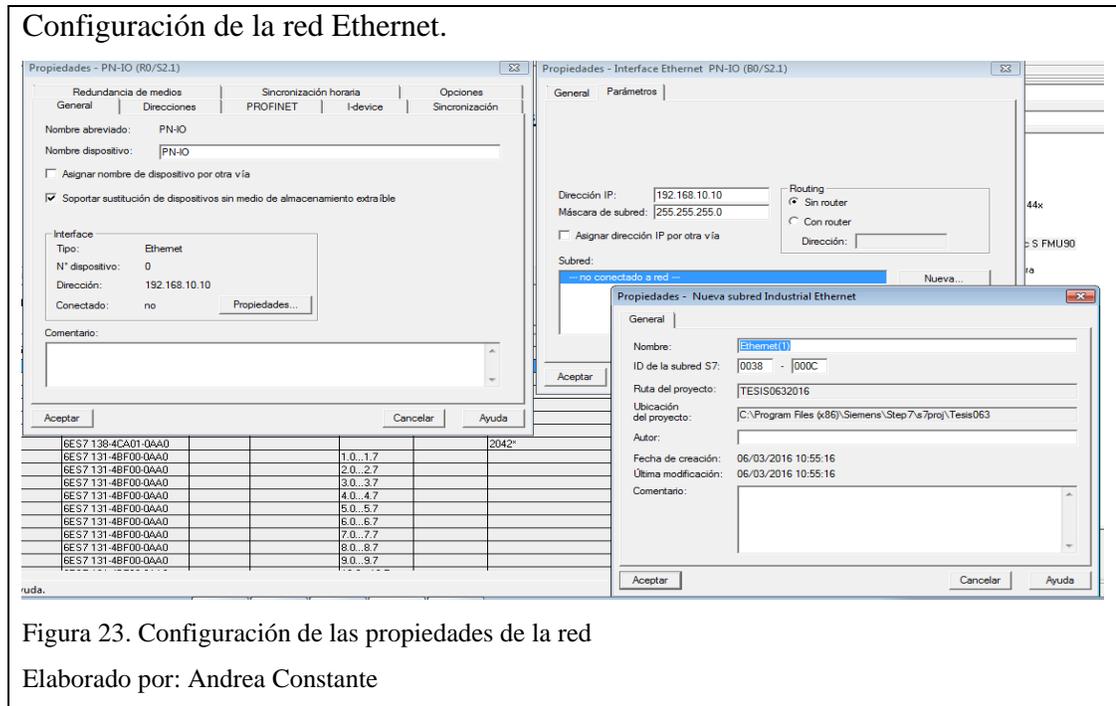


Figura 22. Añadidura de los equipos a la red Profibus.

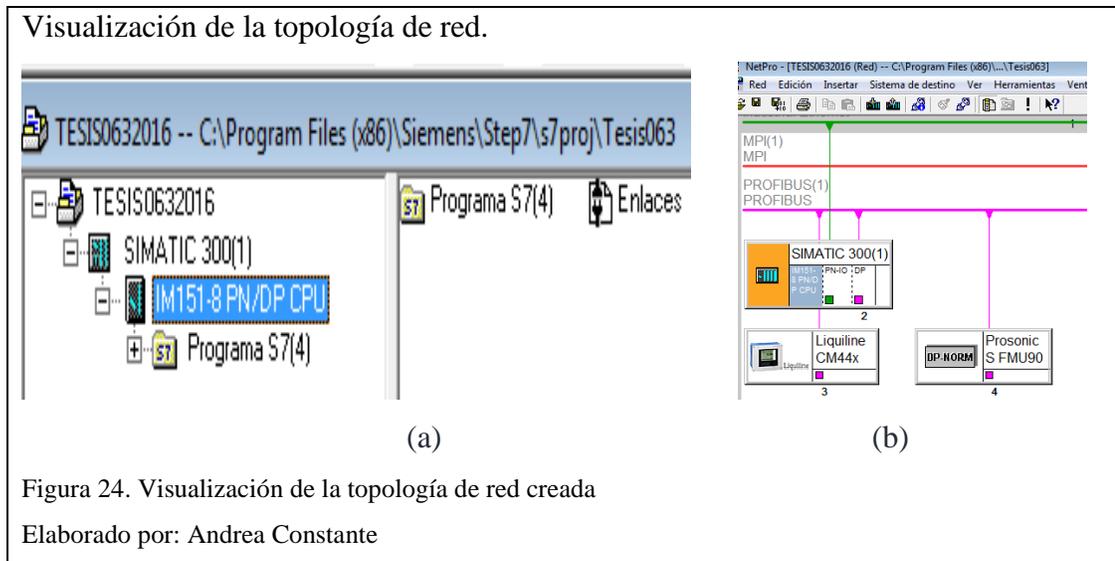
Elaborado por: Andrea Constante

Para crear la red Ethernet, se da doble clic en la fila *PN-IO*, perteneciente al CPU del PLC. Esta acción permite desplegar la ventana de *Propiedades PN-IO*, en donde se ubica la pestaña *General*, para posteriormente dar clic en el botón propiedades para abrir la ventana llamada *Propiedades – Interface Ethernet PN-IO*, dentro de esta se selecciona la pestaña *Parámetros*, en la cual se ubica el botón *Nueva* y haciendo un clic sobre este, se genera otra ventana nombrada *Propiedades- Nueva subred Industrial Ethernet* en la que se configura el nombre y la ID de la nueva subred.

Finalizado esto se da clic en aceptar y de forma inmediata en la ventana mencionada anteriormente aparece el nombre de la sub red creada, en la cual se configura la dirección y máscara de la red Ethernet. Para finalizar se da clic en el botón *aceptar*, y nuevamente en el botón *aceptar* de la primera ventana desplegada. En la Figura 23 se visualiza de manera gráfica la configuración de red Ethernet.



Una vez finalizada la configuración de la red Ethernet, se cierra la ventana *HW Config* para que automáticamente se genere el ícono del enlace de comunicación, para observar este símbolo se da clic sobre el CPU en la ventana principal de Simatic Manager, mostrada en la Figura 24 (a). Y dando doble clic en el ícono llamado *Enlace*, se muestra la ventana *Net-Pro* donde se visualiza la topología de red creada, mostrada en la Figura 24 (b).



Para verificar la creación del enlace Profibus se creó un bloque de función dentro del Step 7 que permitirá la visualización de los datos generados por el multiparamétrico y el Caudalímetro ultrasónico que son esclavos de la red.

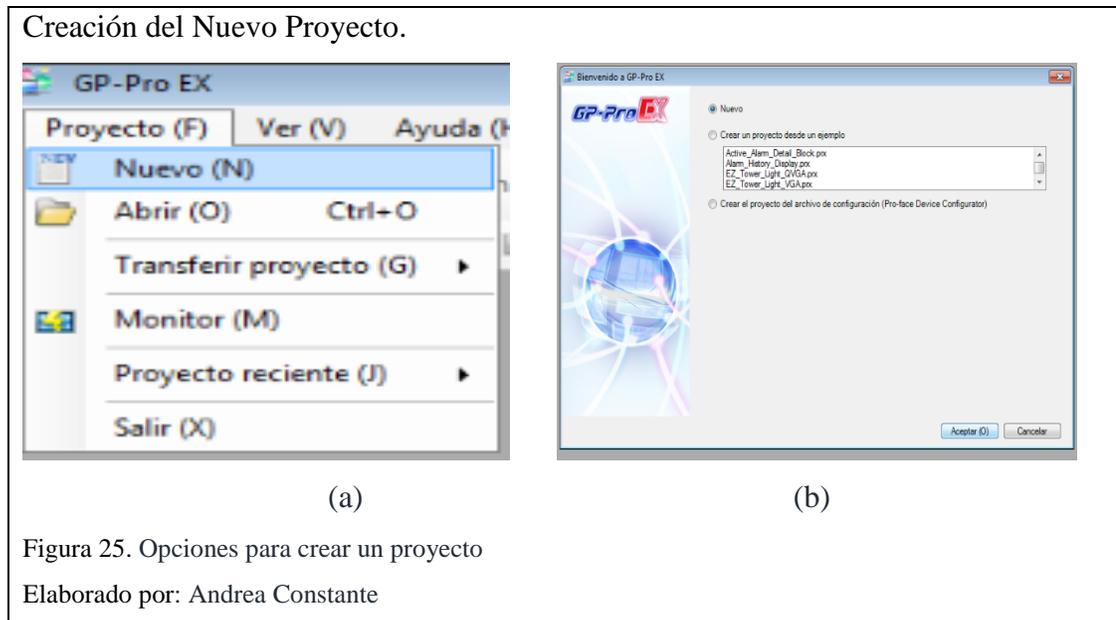
Después de establecer la configuración del hardware y los enlaces de comunicación, se inicia la lógica de programación usando bloques de función, en donde se generan los segmentos de programación que cumplirá la cámara mezcladora, adicionalmente para ejecutar todas las líneas de códigos, es necesario llamar uno por uno a los bloques de función dentro de un bloque de organización para ejecutar la secuencia en conjunto.

3.3. Desarrollo del HMI

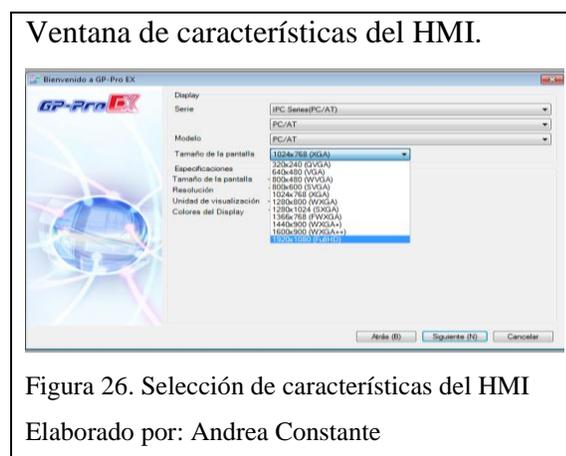
Para realizar la configuración del HMI fue proporcionado el programa GP-Pro EX, software que permitirá visualizar de manera gráfica a través de múltiples pantallas el proceso de la cámara mezcladora.

Para comenzar con el diseño, es necesario crear un nuevo proyecto, para esto dar clic en la pestaña *Proyecto* ubicada en la parte superior izquierda de la ventana principal del programa, posteriormente dar clic en la opción *Nuevo*, como se muestra en la Figura 25 (a).

A continuación se despliega la ventana mostrada en la Figura 25 (b), donde se activa la opción *Nuevo* y se da clic en el botón *Aceptar*.

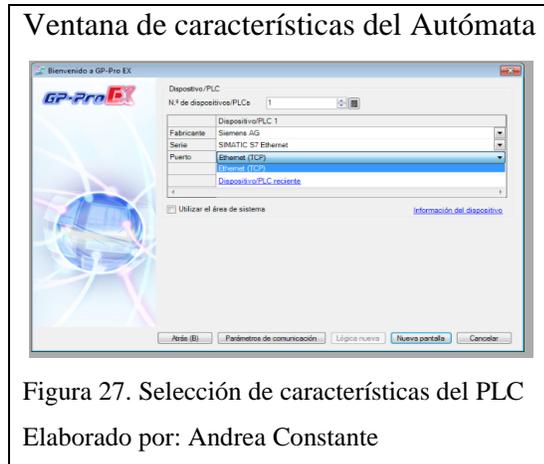


En la Figura 26 se configura las características propias del equipo que se vayan a utilizar, dando clic en cada una de las flechas, permitiendo desplegar una lista respectivamente con las especificaciones del HMI, para finalizar esta acción se da clic en botón *siguiente*.

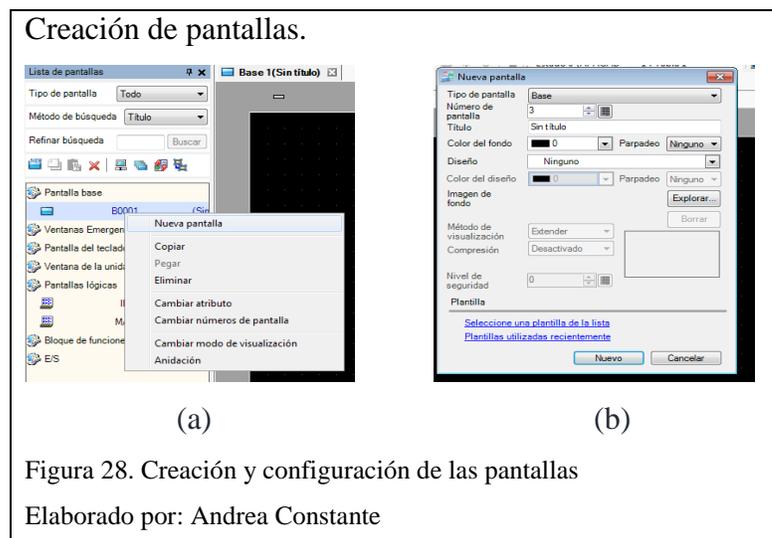


Posteriormente se configura las características del autómatas que se enlazará al HMI. En la ventana mostrada en la Figura 27, se selecciona el fabricante del equipo, serie y puerto

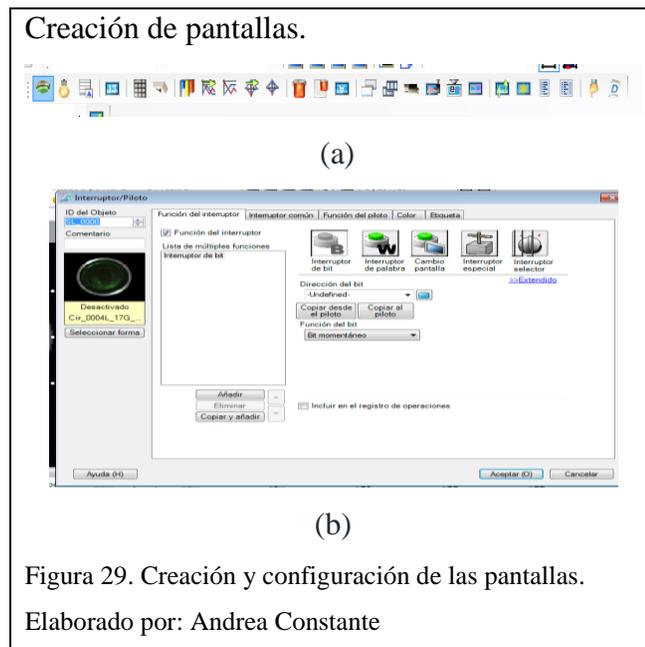
que para este caso es *Siemens AG, SIMATIC S7 Ethernet y Ethernet (TCP)* respectivamente. Para finalizar esta acción se da clic en el botón *Nueva pantalla*.



Determinadas las características del HMI y PLC, se genera la primera pantalla automáticamente. De acuerdo a la necesidad del proyecto se aumenta el número de pantallas, para esto se da clic derecho sobre el ícono de la primera pantalla, ubicada en la *lista de parámetros* seleccionando la opción *Nueva pantalla*, como se muestra en la Figura 28 (a), Finalizada esta acción automáticamente se despliega la ventana *Nueva pantalla*, donde se determina las características de la pantalla como: tipo, número de pantalla, nombre, color y diseño, como se muestra en la Figura 28 (b), para finalizar esta acción se da clic en el botón *Nuevo*.

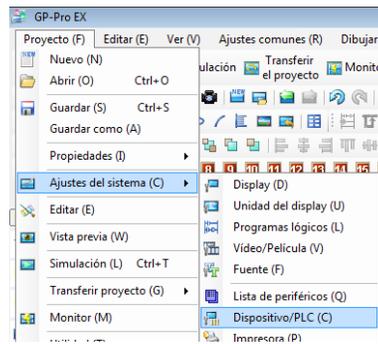


Creadas las pantallas, se inicia con el diseño del HMI de la cámara mezcladora, para esto se agrega los gráficos que se encuentran en la barra de objetos dando doble clic en el icono de interruptor como se muestra en la Figura 29 (a), establecido el objeto en la pantalla se da clic derecho en el mismo para desplegar la ventana de configuraciones de este gráfico, en donde se selecciona si el objeto actuará como interruptor y/o piloto, tal como se muestra en la Figura 29 (b), para finalizar esta acción se da clic en botón *aceptar*.

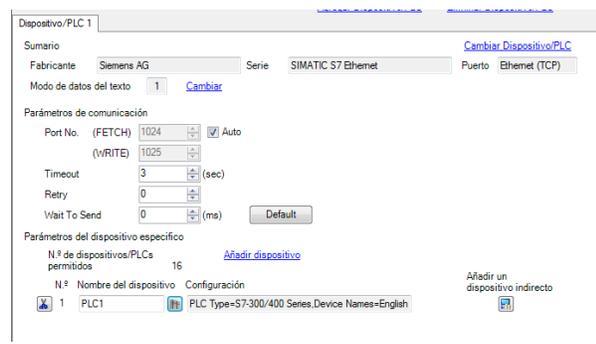


Finalizado el diseño de las pantallas, se configura los parámetros de comunicación con el autómata, dando clic en la pestaña *Proyecto*, acción que despliega la lista de opciones de la cual se selecciona *Ajustes de sistema*, dentro de ella se escoge la pestaña *Dispositivo PLC*, como se muestra en la Figura 30 (a), automáticamente se despliega la ventana de la Figura 30 (b), esta permite acceder al ícono que ayuda a visualizar la ventana donde se importarán posteriormente las variables utilizadas en el autómata, este ícono se encuentra en la parte inferior entre el nombre del dispositivo y la configuración, que fueron previamente parametrizadas.

Ajustes del sistema.



(a)



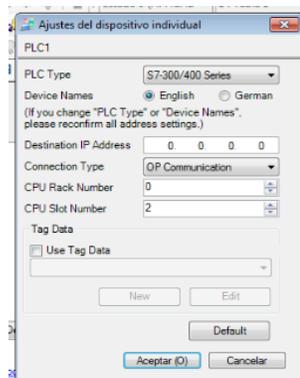
(b)

Figura 30. Adición de la lista de variables

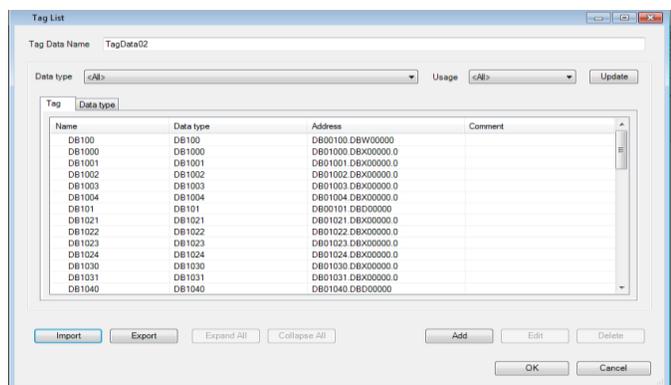
Elaborado por: Andrea Constante

En la ventana ajustes del dispositivo individual se configura el tipo de PLC, Idioma, dirección IP privada del autómat, tipo de conexión, número de bastidor según sea el caso. Además en esta ventana se debe activar la opción *Use Tag Data* y se selecciona el boton *NEW*, como se muestra en la Figura 31 (a). Esta acción despliega la ventana *Tag List*, la cual permite importar la tabla de símbolos que maneja el autómat programable como se muestra en la Figura 31 (b), para continuar se da clic en el botón *OK*

Ajustes del dispositivo industrial.



(a)



(b)

Figura 31. Configuración de direcciones IP e importación de la lista de variables.

Elaborado por: Andrea Constante

Finalizada la importación de la lista de variables, se carga una por una a cada gráfico creado en las pantallas del HMI, dando doble clic sobre la imagen, desplegando la ventana Interruptor/Piloto y dentro de ella se selecciona la opción *Dirección del Bit*, acción que permite desplegar la ventana *Introducir Dirección* y de acuerdo al gráfico se cargara su respectiva variable, para finalizar esta opción se da clic en el botón *Ent* y posteriormente en botón *acepta*, como se muestra en la Figura 32.

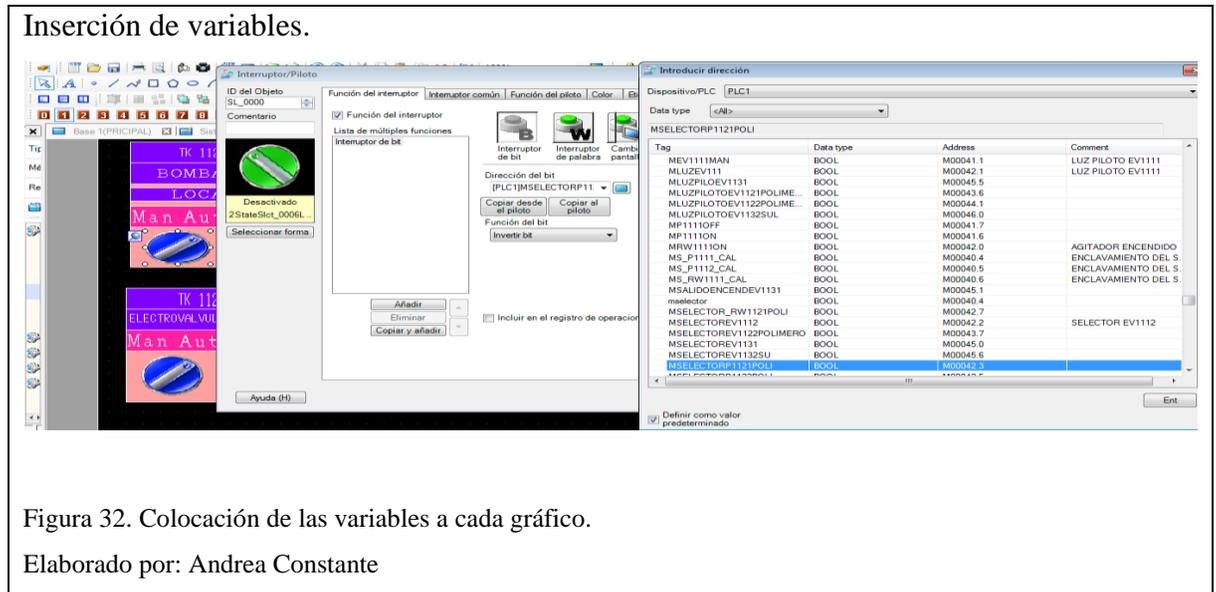


Figura 32. Colocación de las variables a cada gráfico.

Elaborado por: Andrea Constante

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE LA PLANTA

Dentro de la realización de la automatización de la cámara mezcladora se realizaron las pruebas de dosificación, con el fin de obtener la reacción del agua frente a los químicos usados.

4.1. Pruebas de dosificación

Establecida la lógica de programación y la interfaz gráfica se inicia con las pruebas de dosificación basadas en las Tablas 2.1 y 2.2, las cuales indican la cantidad de químico a dosificar en un determinado tiempo en función de la turbidez.

A continuación las pruebas realizadas:

4.1.1. Primera prueba: Comprobación de caudal de las bombas.

En la primera prueba realizada se verificaron los caudales de las bombas, con el fin de comprobar que los caudales especificados en los datos técnicos de cada una de las bombas sean los mismos que se tiene a la salida de cada una de ellas.

Esta prueba se realizó calculando el tiempo que toma llenar un volumen fijo de 1.0 litro, y así asociando con el tiempo total que indican las hojas técnicas de las bombas, en la Figura 33 se observa la prueba realizada.

Pruebas de caudal.

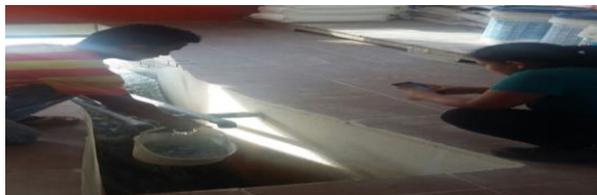


Figura 33. Comprobación de caudal por rangos de tiempo.

Elaborado por: Andrea Constante

Como resultado de la primera prueba se obtuvo, que el caudal de las bombas de sulfato y polímero si eran iguales que el caudal especificado en las hojas técnicas, mientras que las bombas neumáticas, no presentaron el mismo caudal correspondiente a los datos técnicos porque la presión considerada es de 3.30 bares y en la práctica se está trabajando con una presión de 5.0 bares por lo que se tiene como resultado un caudal de trabajo de 1000.0 l/h al 100% y 500.0l/h al 50.0%, en la Figura 34 se observa el volumen de agua tomado en el recipiente.



Tabla de registro de la primera prueba

Tabla 10.

Caudal de las bombas.

Fecha	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (l/h)
2/12/2015	9,2	1	391,30
9/12/2015	9,5	1	378,94
12/12/2015	8,7	1	413,79
	PROMEDIO		394,68

Nota: Registro del caudal mediante tiempo vs caudal

Elaborado por: Andrea Constante

4.1.2. Segunda prueba: Determinar la concentración madre de la cal.

La segunda prueba constó en la dosificación de los tres químicos, en esta prueba se consideró desde la lectura de los NTU's, el llenado de los tanques y el trabajo oportuno de cada una de las bombas, todo esto de acuerdo a la Tabla 3 (tiempo de apertura de las bombas) y al primer proceso, con el fin de obtener el tiempo que se demorarán en formar los flóculos, los mismos que se encargan de unir y sedimentar las partículas en suspensión, en la Figura 35 se visualiza la dosificación de los químicos en el canal parshall.

Dosificación.



Figura 35. Dosificación de los tres químicos: Sulfato, Cal y Polímero.
Elaborado por: Andrea Constante

Como resultado de la segunda prueba se consiguió una mala floculación, esto se obtuvo porque se consideró que la concentración de la solución madre de la cal debía ser igual que la concentración de dosificación, lo cual fue incorrecto, ya que la concentración de la dosificación debería variar dependiendo de la turbidez, mientras que la elaboración de la solución madre siempre es la misma, en la Figura 36 se observa los floculadores en donde no se observan flóculos.

Floculadores.



Figura 36. Generación de flóculos, no se presentan muchos por mala dosificación.
Elaborado por: Andrea Constante

Tabla de registro de la segunda prueba

Tabla 11.

Datos de la turbiedad vs tiempo.

Fecha	Turbiedad (NTU)	Tiempo de floculación (minutos)	Floculación
13/12/2015	13,4	60	No se formó el flóculo
16/12/2015	60	45	No se formó el flóculo
18/12/2015	11,6	1h30	No se formó el flóculo
	RESULTADO		No se formó el floculo dentro el tiempo límite de 22 min.

Nota: Ausencia de flóculos dentro del tiempo límite de 22 minutos

Elaborado por: Andrea Constante

4.1.3. Tercera prueba: dosificación continúa de cal, sulfato y polímero.

En la tercera prueba se procedió a tomar muestras de los flóculos que se generan en los momentos de turbiedad por la acción de los tres químicos disueltos en el agua, con el fin de constatar su formación y tamaño, en la Figura 37 se muestran los flóculos formados durante la dosificación de los químicos.

Muestra de flóculos.



Figura 37. Toma de los flóculos generados.

Elaborado por: Andrea Constante

Como resultado de la tercera prueba se logró flocular pero no sedimentar ni mantener el pH en un rango aceptable, en la Figura 38 (a) y 38 (b) se muestra las lectura del pH alto y bajo respectivamente, esto es debido a que los tres químicos fueron dosificados a la vez, lo que provocó una desestabilización en el pH, de esto se concluye que la dosificación de cal debía estar a intervalos de tiempo dentro de la dosificación del sulfato.

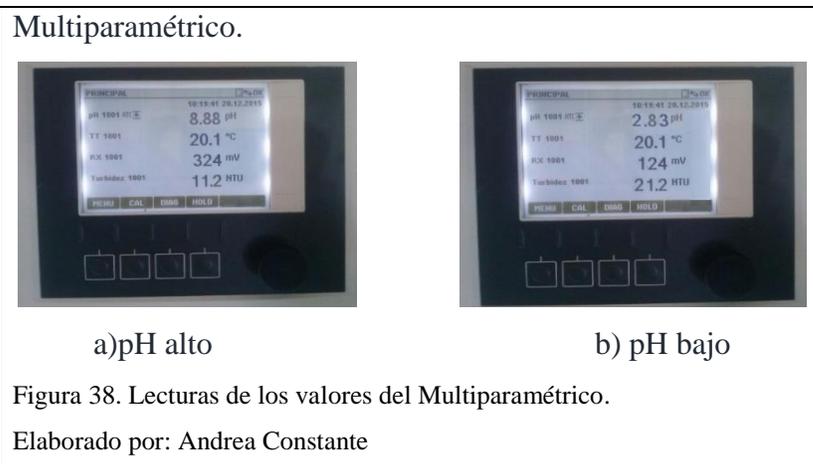


Tabla de registro de la tercera prueba

Tabla 12.

Datos de turbiedad vs tiempo.

Fecha	Turbiedad (NTU)	Tiempo (minutos)	Floculación
20/12/2015	11,2	11,8	Formación de flóculo
26/12/2015	103,7	1,6	Formación del flóculo
05/01/2016	10,2	17,8	Formación del flóculo
	RESULTADO		Si se formó el flóculo dentro el tiempo límite de 22 m pero con pH bajo o alto

Nota: Formación de los flóculos dentro del límite de 22 minutos.

Elaborado por: Andrea Constante

4.1.4. Cuarta prueba: Dosificación en intervalos de tiempo.

En la cuarta prueba se tomó muestras de los flóculos que se generan cuando el agua presenta turbidez, por la acción de los tres químicos disueltos en el agua, con el fin de constatar su formación y tamaño, en la Figura 39 se muestran los flóculos formados durante la dosificación de los químicos

Flóculos



Figura 39. Formación de los flóculos dentro del límite de 22 minutos y con pH dentro del rango.

Elaborado por: Andrea Constante

A partir de la cuarta prueba se obtuvo una buena floculación y sedimentación, manteniendo el pH del agua, ya que se dosificó el sulfato y el polímero a la par mientras que la cal se agregó en intervalos de tiempo. Dando resultados satisfactorios de las pruebas de dosificación de químicos, porque la formación y sedimentación de los flóculos fue rápida, esto permite que el agua turbia no pase al tanque de almacenamiento. Para mostrar los resultados generados a partir de la cuarta prueba se recolectó información y se estructuró la Tabla 13, mostrados gráficamente en la Figura 40.

Tabla 13.

Tiempos de floculación.

Tiempo de formación de flóculo	Turbiedad	pH
22	5,8	6,5
20,5	6,00	6
21	6,3	7
20	7,4	8,3
19	8,6	7,2
18,8	9,00	7
18	9,1	7,2
17	10,9	6,9
16,5	11,3	6,6
15	15,00	7,7
14,5	15,7	8,2
13,3	16,4	8
13	16,9	8,1
12,8	17,3	6,9
12	18,8	7
11,9	19,8	7
11,6	20,1	7
11,3	20,8	8,5
11	21,3	7,7
10,8	21,7	6,6
10	22,4	6,8
9,8	23,5	7
9,5	24,4	7
9,3	24,9	7,3
9	25,00	7,7
8,5	25,7	7,9
8	26,8	7,1
7,9	27,9	7,5
7,5	28,3	6,9
7	32,3	8,4
6,4	33,00	6,6
6,2	34,4	7,6
6	38,7	7,3
5,7	39,5	7,23
5,5	39,9	7,1
4,9	47,2	7,3
3,5	54,4	6,9
3	60,1	7,4
2,9	62,2	7,9
2	77,9	7,2
1	90,00	7,6

Formación de los flóculos dentro del límite de 22 minutos.

Elaborado por: Andrea Constante

En la Tabla 14 muestra la relación entre la Tabla 13 (tiempo floculación) y la Tabla 3 (tiempo de apertura de bombas), esto se ha realizado para establecer el tiempo que se demora en reaccionar el químicos al momento de ser dosificado.

Tabla 14.

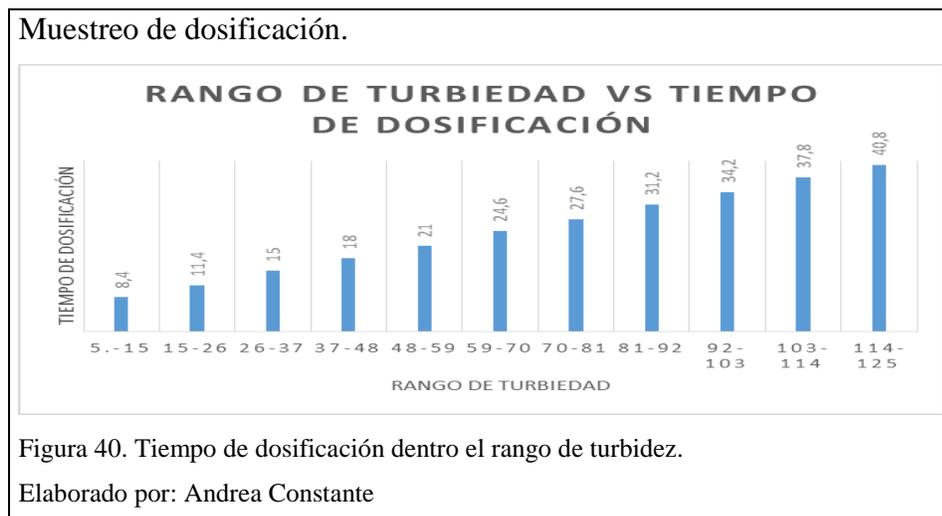
Tiempos de floculación vs apertura de bombas.

Turbiedad NTU	Tiempo de dosificación minutos	Tiempo de floculación minutos
5-15	8,4	18,78
15-26	11,4	11,14
26-37	15	7,09
37-48	18	5,25
48-59	21	3,13
59-70	24,6	2,13
70-81	27,6	2
81-92	31,2	1,3
92-103	34,2	1
103-114	37,8	0,8
114-125	40,8	0,2

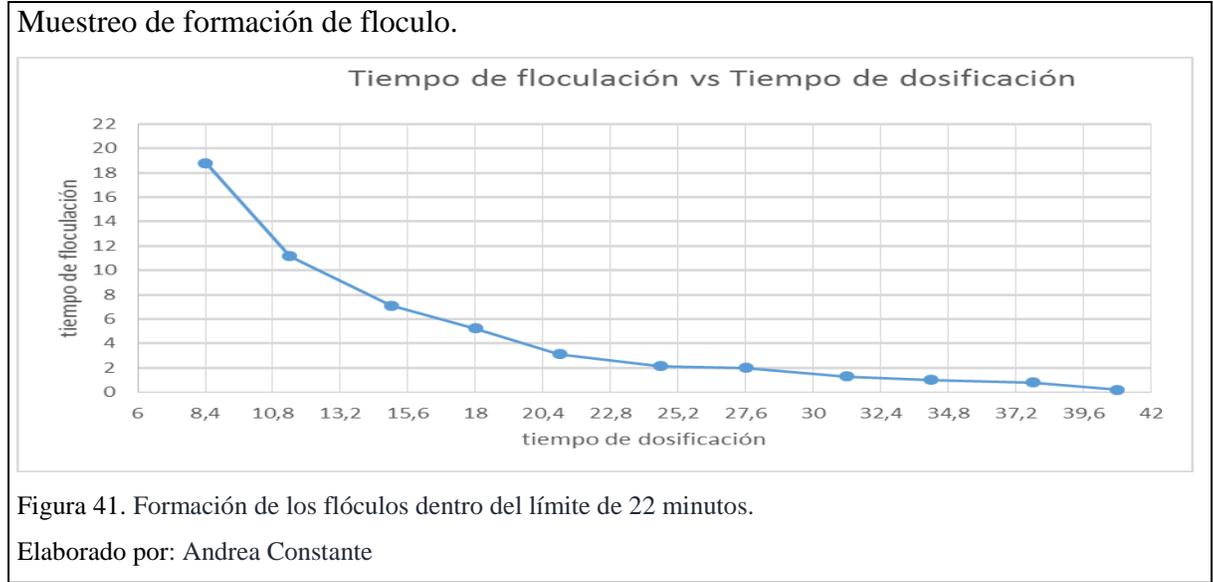
Nota: Formación de los flóculos dentro del límite de 22 minutos.

Elaborado por: Andrea Constante

La Figura 40 representa el tiempo de dosificación de los químicos durante los intervalos de turbiedad.



La Figura 41 representa el tiempo que se demorarán en formar los flóculos durante un rango de turbiedad, el intervalo medido desde la dosificación de los químicos en el canal parshall hasta los floculadores debe ser máximo de 22 minutos, caso contrario el flóculo se forma en los sedimentadores taponando los tubos perforados, provocando que se disminuya el paso del agua hacia el tanque de reserva.



CONCLUSIONES

- Mediante el presente trabajo de titulación, se llegó a determinar que las características del agua cruda son el punto de partida que permite establecer y diseñar las especificaciones técnicas de los equipos que fueron utilizados en el sistema de control automático de la cámara de mezcla en la planta de tratamiento de agua potable Colonso, con el fin de cumplir con la norma INEN 1108, que establece la calidad de agua para el consumo humano.
- Con la caracterización realizada del proceso de la cámara de mezcla durante la etapa investigativa, se reconoció y apreció que la planta de tratamiento de agua potable Colonso, no contaba con un dispositivo de alerta temprana que indique los niveles de NTU's por lo cual se realizaba la dosificación de manera empírica, para repotenciar y automatizar este proceso se vio la necesidad de instrumentar con un sensor de turbiedad que permita a los operadores identificar el inicio del proceso de preparación y dosificación de químicos.
- Para la selección de los equipos se consideró que los instrumentos de medida que se ajustan al control automático de la cámara de mezcla son el multiparamétrico y el ultrasónico, los cuales permiten visualizar los parámetros de turbiedad, pH y caudal de entrada, datos que son transmitidos al controlador mediante la red PROFIBUS DP para establecer los valores de dosificación con una alta precisión; cabe señalar que los valores obtenidos en el periodo de prueba se asemejan a las lecturas que actualmente aparecen en los equipos.
- Mediante la lógica de programación realizada con el Step 7 y la visualización del proceso a través del programa Pro-Face entorno de desarrollo del HMI, se logró tener un control y supervisión de la operatividad de los equipos implementados, con el fin que la dosificación de químicos ya no dependa del criterio de los operadores sino de las señales que emiten los sensores de turbidez y pH a través del Multiparamétrico, convirtiéndose en un sistema automático.

- Se determinó que el proceso químico a utilizar para verificar la funcionalidad del control automático es la prueba de jarras, ya que esta determina las dosis de químicos a utilizar y los parámetros de turbiedad y pH que presenta el agua, lo que permite corroborar químicamente los resultados de laboratorio con los resultados de la práctica.
- El diseño e implementación del control automático de la cámara de mezcla permitió disminuir la utilización de Sulfato de 15000.0gr a 75000.0 gr; de Cal de 75000.0gr a 25000.0 gr y de Polímero de 2100.0gr a 700gr., ya que con las cantidades de químicos dosificadas actualmente fue posible obtener los mismos resultados que anteriormente se registraban, es decir que el agua este dentro de los parámetros de potabilización con la diferencia que ahora la administración de los químicos utilizados tiene un control y monitoreo economizando los recursos, sin necesidad de bajar la calidad del agua.
- La automatización de los agitadores permitió disminuir el consumo de energía en un 70%, ya que anteriormente eran utilizados durante todo el día de forma inadecuada por el personal a cargo y ahora son utilizados únicamente durante los tiempos de dosificación.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que la Unidad de Agua Potable del GAD Municipal de Tena, imparta charlas técnicas a los operadores de la Planta de tratamiento de agua del Colonso, debido a que su nivel de preparación en el uso y manejo de los quipos es bajo, esto les dificulta manipular de forma eficiente los equipos instalados.
- Los trabajadores que operan a la planta deberán realizar una observación previa al “checklist” ubicado en la pared de la entrada principal de la planta de tratamiento de agua potable Colonso, con el fin de verificar el estado de los equipos antes de iniciar el proceso de operación, para más detalle en el Anexo 8.
- Es necesaria la limpieza periódica de las líneas de dosificación por motivos de cristalización de químicos, previniendo la obstrucción de las tuberías colocadas en la entrada y salida de las bombas, con el fin de evitar la disminución o ausencia de caudal de dosificación.
- Para que la preparación de las mezclas madres de cada tanque sean homogéneas, es necesario que los operadores de la planta de tratamiento de agua potable Colonso utilicen agua clorada, con el fin de evitar una coagulación temprana en los mismos.
- Revisar al menos una vez por semana el sensor de turbidez para evitar acumulación de residuos en el lente, ya que estos provocan alteraciones en las lecturas de los valores de NTU. en el agua de río que ingresa al sistema.
- El GAD Municipal de Tena debe disponer la conformación de un equipo multidisciplinario para el monitoreo y mantenimiento periódico del sistema tecnológico instalado en la planta de tratamiento de agua potable Colonso, esto ayudará a prevenir daños tempranos y alargara la vida útil de los equipos.

REFERENCIAS

AG, M.-T. (Marzo de 2008). *Mattler Toledo*. Obtenido de http://es.mt.com/editmt_ext_filesorial/generic/7/ba_transmitter_m300_ism_multiparameter_editorial_generic_1207310905647_files/ba_transmitter_m300_multi_ism_sp_52121367_mar08.pdf

Asociados, I. C. (2013). *iee-consultores*. Obtenido de <http://iee-consultores.com/>

Buechel, T. (6 de Enero de 2016). *PROMIX*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/seleccionando-medidores-de-ph-para-pruebas-internas/>

Cárdenas, I. Y. (Abril de 200). *SEDAPAL*. Obtenido de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

Castrillón Bedoya, D. (2012). *Repositorio utp*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3146/1/6281622H565.pdf>

FERNÁNDEZ, N. M. (Marzo de 2007). *Dispósit Digital*. Obtenido de [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/10762/1/MasterExqQui\(Norma_Merchan\).pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/10762/1/MasterExqQui(Norma_Merchan).pdf)

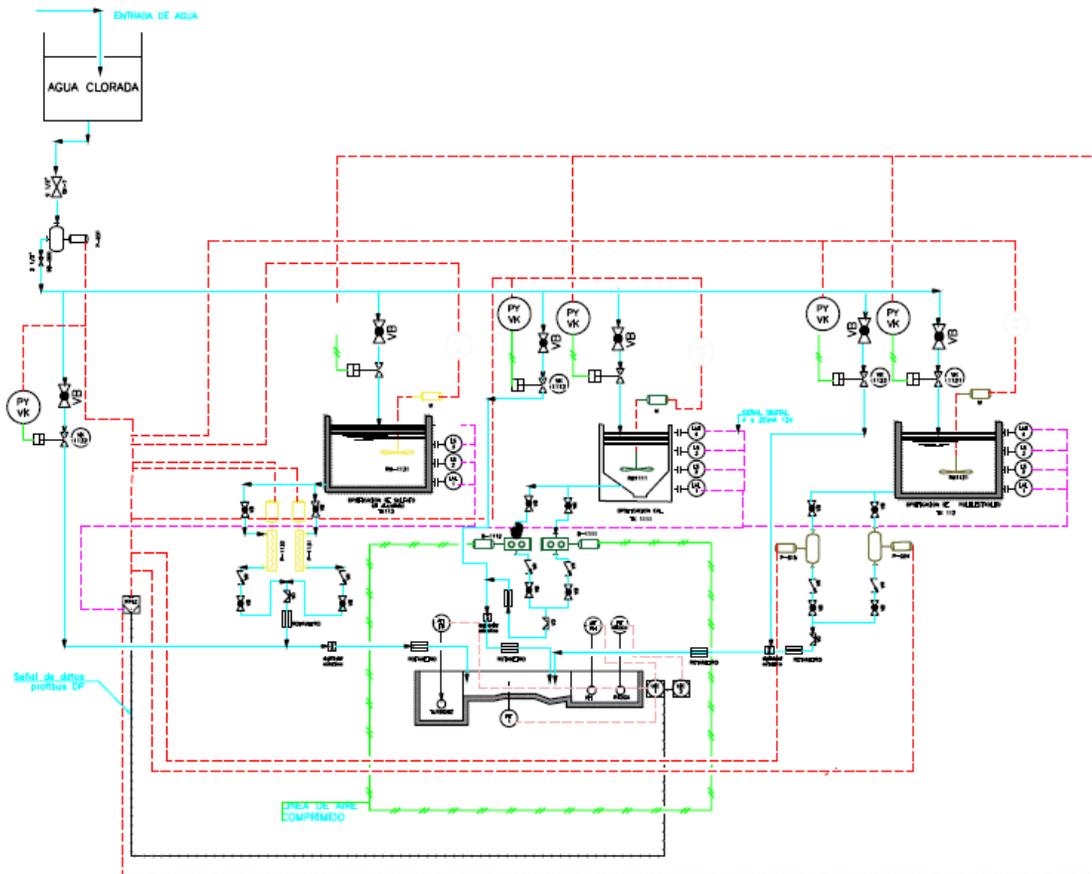
Juberzay, C. (Noviembre de 2011). *slideshare.net*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

Lozano, I. E. (21 de Mayo de 2012). *slideshare.net*. Obtenido de http://es.slideshare.net/dicoello/diseo-de-una-planta-de-tratamiento-de-agua-potable?next_slideshow=1

normalizacion, i. e. (20 de 05 de 1986). *www.Inen.gov.ec*. Obtenido de www.Inen.gov.ec: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>

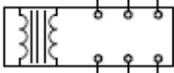
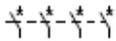
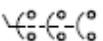
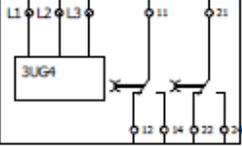
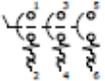
ANEXOS

Anexo 1. Planos P&ID



LISTADO DE EQUIPOS A UTILIZAR							
ITEM	REFERENCIA	MODELO	EQUIPO	VOLTAJE	SERIAL	COMUNICACION	CARACTERISTICAS
1	UIC-1	CM444	TRANSMISOR MULTIPARAMETRICO	24VDC 100-230 VAC	BUS DE DATOS	PROFIBUS - DP	TRANSMISOR DE ANALISIS DE LIQUIDO
2	PLC	ET 2005	PLC SIEMENS	24VDC	BUS DE DATOS ELECTRICA digital/analoga	PROFIBUS - DP	MODULAR CON SALIDA TIPO RILES
3	LAL/LAL/LS	B121H	SENSORES MAGNETICOS	24VDC	electrica digital	-	CON BOYA Y TUBERIA DE VIDRIO
4	VB	-	VALVULAS DE BOLA	-	-	-	MANUALES
5	VK	23101	ELECTROVALVULA	10bar	NEUMATICA	-	CON ACTUADOR DE PISTON
6	PY	TIPO 8043	REZ-TRANSDUCTOR	24VDC	ELECTRICA/NEUMATICA	-	CONVERTIDOR DE SENAL
7	M	-	AGITADOR ESTADICO	220VAC	ELECTRICA	-	MOTOR UTILIZA CONTACTOR
8	P	BELJIN EUX	BOMBA SULFATO	220VAC	ELECTRICA	-	CON MOTORVARADOR INCLUIDO
9	B	WILDENT000	BOMBA CAL	10BAR	NEUMATICA	-	BOMBA DE DOBLE CARBAMA
10	P	BELJIN EG	BOMBA POLIMERO	220VAC	ELECTRICA	-	CON MOTORVARADOR INCLUIDO
11	VR	-	VALVULA DE RETENCION	-	-	-	-
12	VO	-	VALVULA DE DIAPHRAGMA	-	-	-	NO MANIPULABLE POR EL OPERADOR
13	UIC-2	PROSONIC-S	TRANSMISOR ULTRASONICO	24VDC/220VAC	BUS DE DATOS	PROFIBUS - DP	TRANSMISOR DE CAUDAL
14	P	-	BOMBA DEL GRUPO DEL PRESION	220VAC	ELECTRICA	-	GRUPO DE PRESION
15	DR	-	VALVULAS DE MARIPOSA	-	MANUALES	-	ACERDO INOXIDABLE

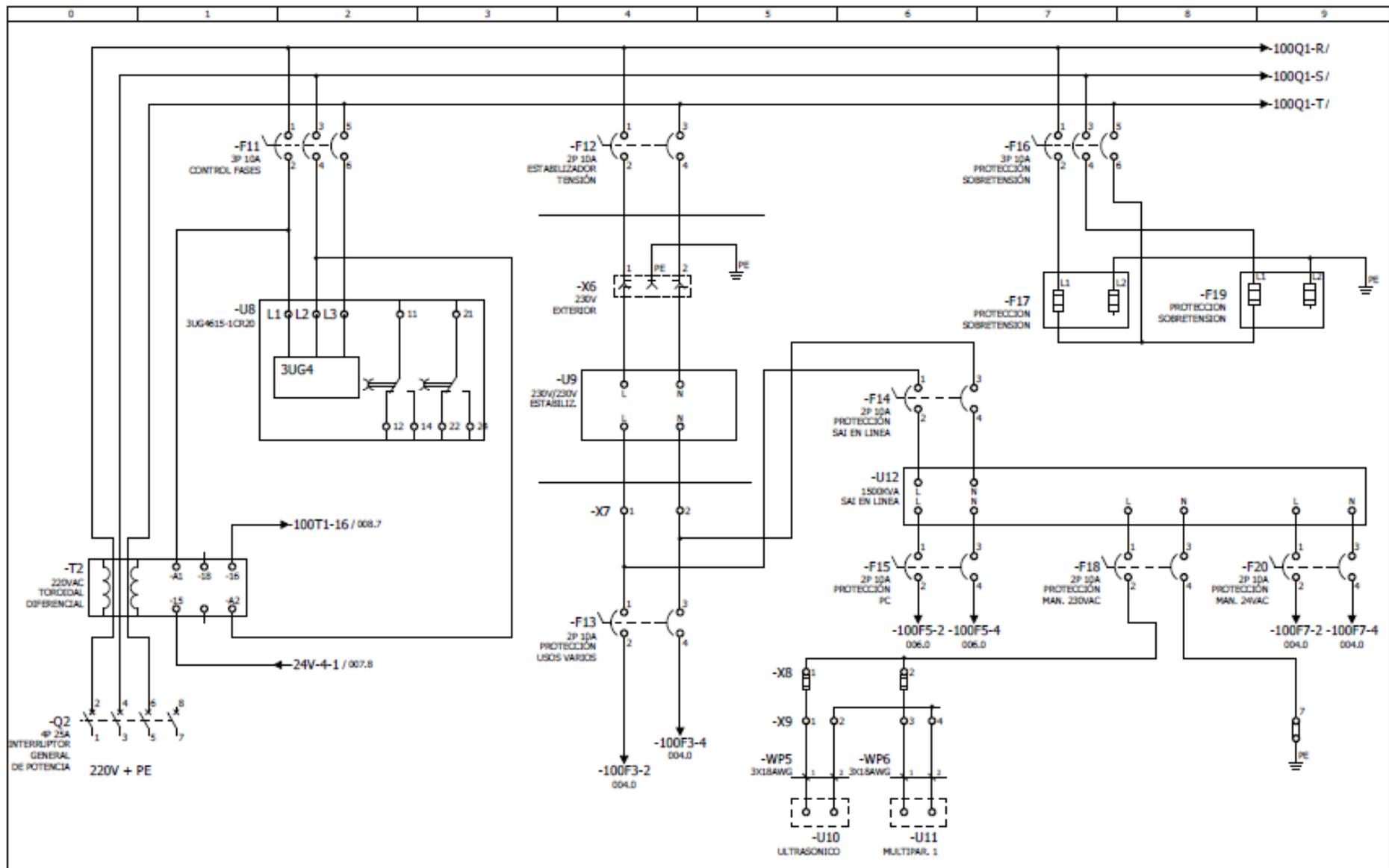
Anexo 2. Planos de fuerza

0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	DESCRIPCION	SIMBOLO	NOMENCLATURA	DESCRIPCION														
	T	DIFERENCIADOR TUROIDAL TOTALIZADOR		U	FUSIBLE														
	Q	INTERRUPTOR		F	FUSIBLES DE SEGURIDAD DOBLE														
	F	BREAKER MAGNETO TERMICO		U	ULTRASONICO MULTIPARAMETRICO														
	U	CONTROL DE FASES		X	BORNE SEPARACION														
	X	TOMA CORRIENTE		U	CAJA DISTRIBUCION														
	U	ESTABILIZADOR		QF	INTERUCTOR GUARDAMOTOR														
Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Name		Date / Fecha / Date		Project / Proyecto / Project		Description / Descripción / Description											
		ANDREA STEFANIA		18/11/2015		ARMARIO CONTROL COLONSO		DEPURACIÓN AGUAS COLONSO											
		ANDREA STEFANIA		18/11/2015				DISTRIBUCIÓN REGLETERO											
		Conservat / Conservado / Verified		26/04/2016				SIMBLOSS											

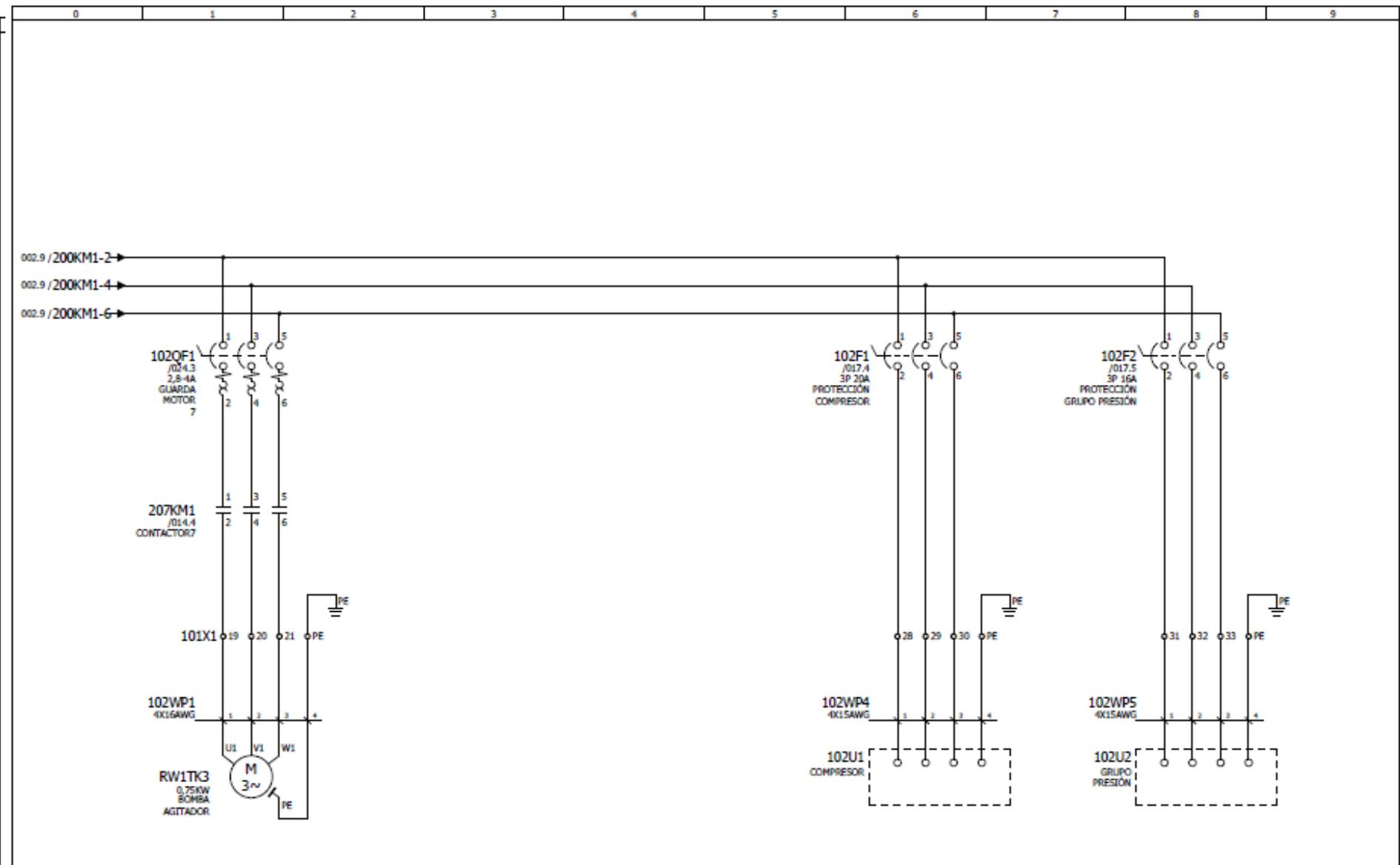
0		1		2		3		4		5		6		7		8		9					
SIMBOLO		NOMENCLATURA		DESCRIPCION		SIMBOLO		NOMENCLATURA		DESCRIPCION		SIMBOLO		NOMENCLATURA		DESCRIPCION							
		KM		CONTACTOR				H		LUZ LED				K		BOBINA							
		M		MOTOR				G		PUESTA A TIERRA				K		CONMUTAADOR							
		V		FUENTE				Y		ELECTROVALVULA				S		PULSADOR				S		INTERUPTOR	
		S		INTERRUPTOR				SP		INTERUCTOR PULSADOR													
Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Name		Date / Fecha / Date		Project / Proyecto / Project		Description / Descripción / Description															
		Project / Proyecto / Design		ANDREA STEFANIA		18/11/2015		ARMARIO CONTROL COLONSO		DEPURACIÓN AGUAS COLONSO													
		Drawn / Dibujo / Draft		ANDREA STEFANIA		18/11/2015				Number / Número / Number													
		Completed / Completado / Verified				26/04/2016				DISTRIBUCIÓN REGLETERO								SIMBOLOS					

SIMBOLO	NOMENCLATURA	DESCRIPCION
	F	CONTACTOR NA
	S	SENSOR DE NIVEL
	S	SELECTOR L/R

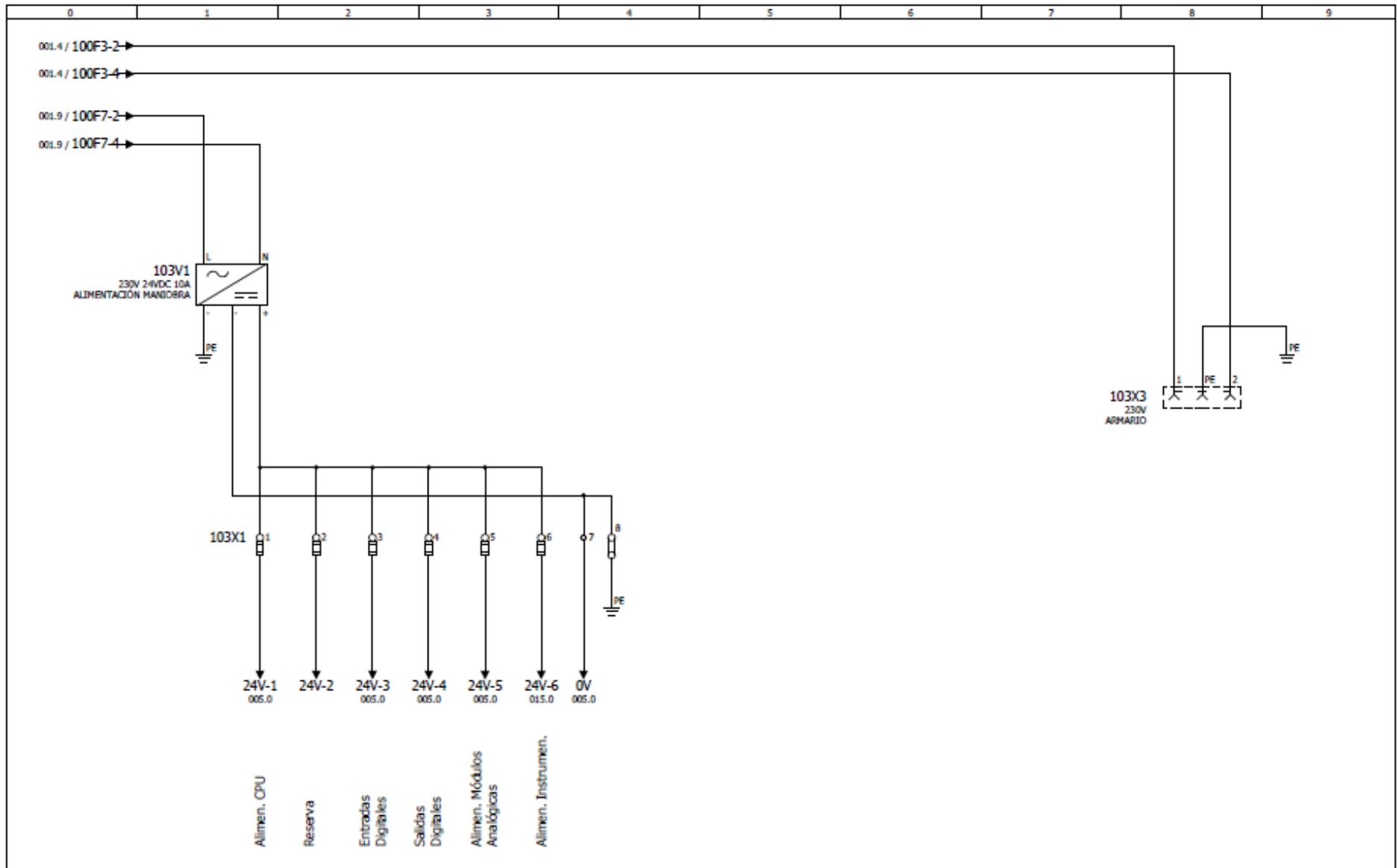
	Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description	
		Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
		Dibujos / Dibujo / Drafted	ANDREA STEFANIA	18/11/2015			
		Comprovat / Comprobado / Verified		26/04/2016			
						Number / Número / Number	Page / Hoja / Sheet
						DISTRIBUCIÓN REGLETERO	SIMBOLOS



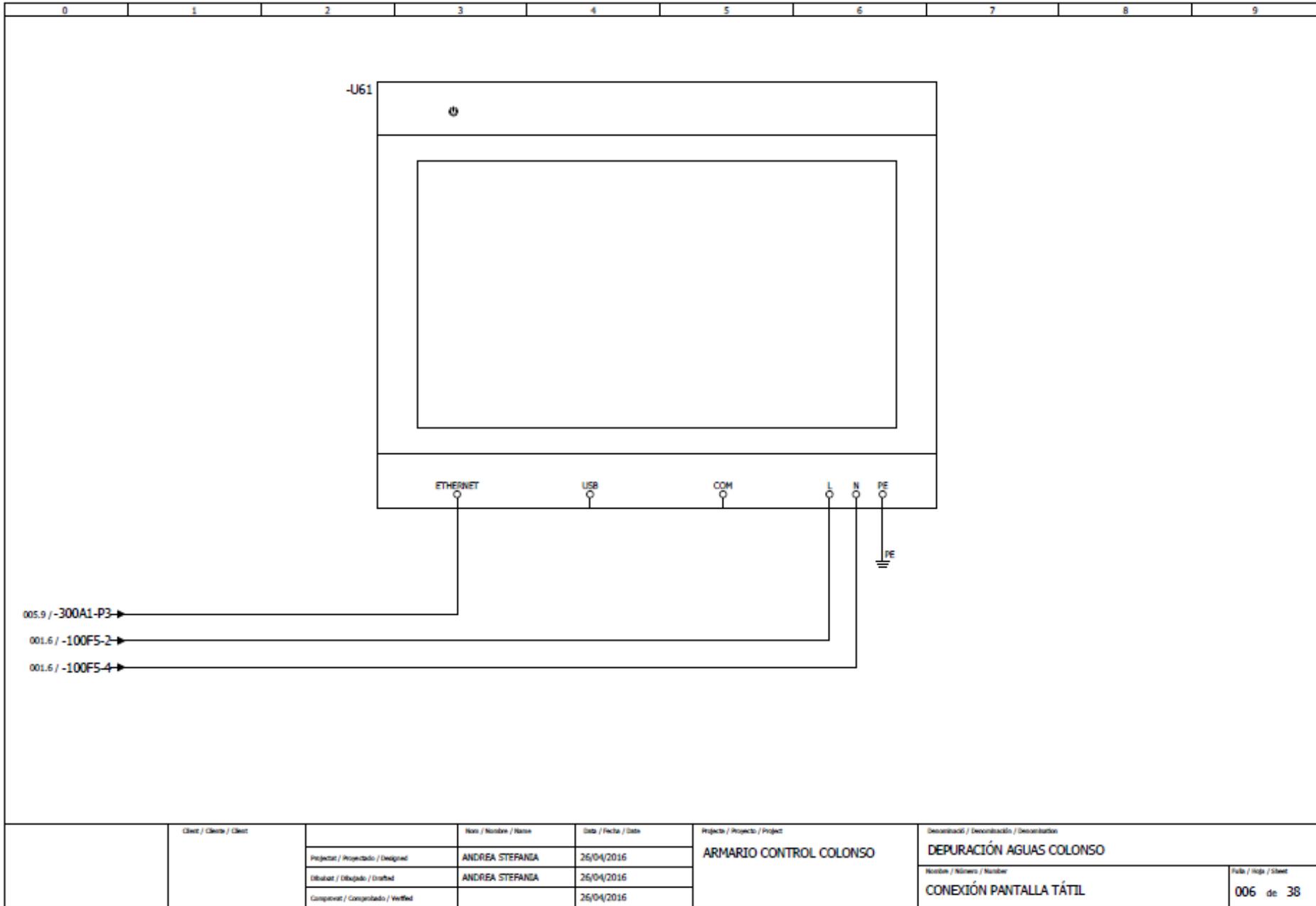
Client / Cliente / Client	Project / Proyecto / Design	Andrea Stefania	25/04/2016	Project / Proyecto / Project	ARMARIO CONTROL COLONSO	Description / Descripción / Description	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO
	Drawing / Dibujo / Draft	Andrea Stefania	25/04/2016				
	Completed / Completado / Verified		25/04/2016				
						Name / Nombre / Name	Potencia
							001 de 38



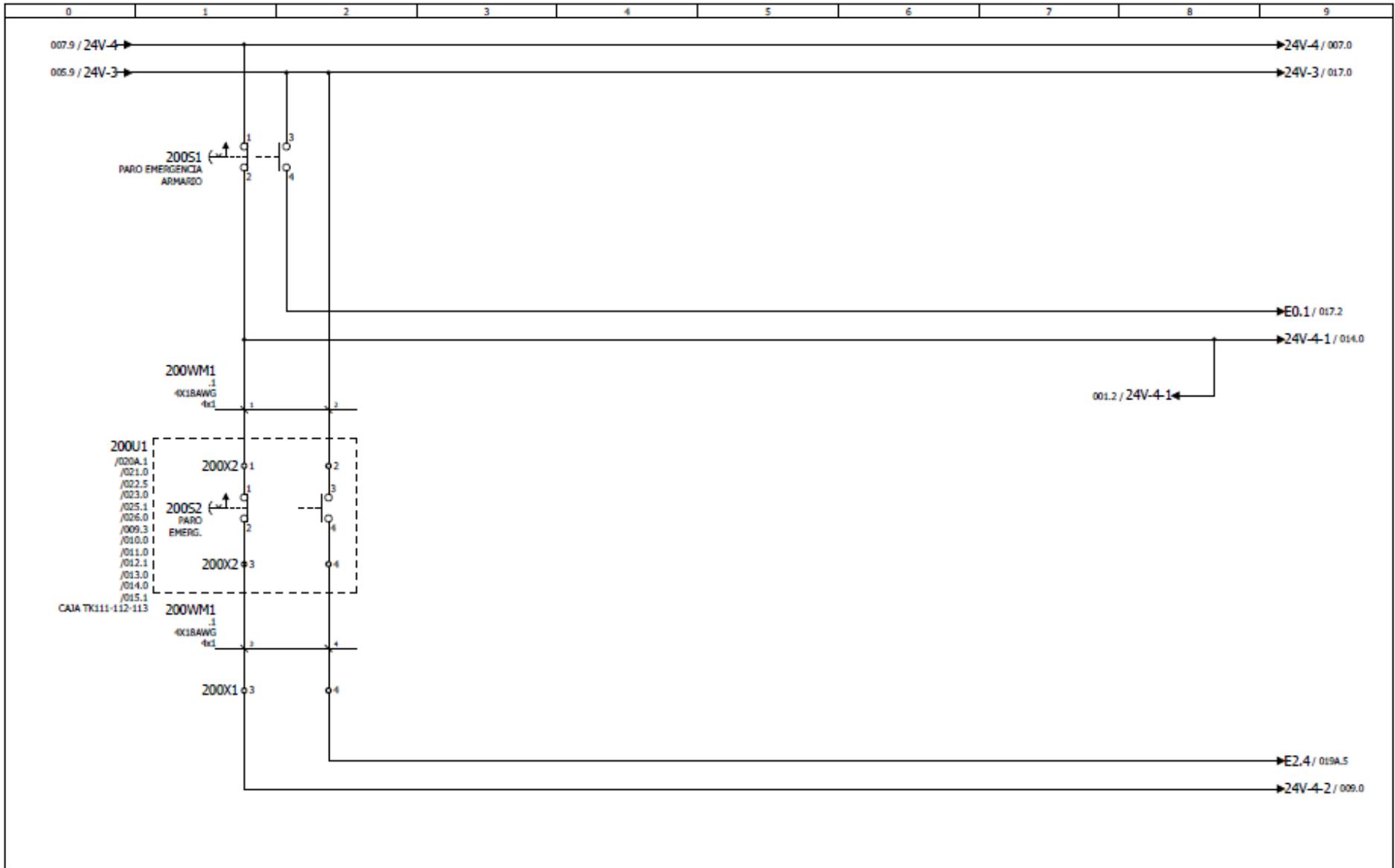
	Client / Cliente / Client			Projecte / Proyecto / Project	Desarrollaci3n / Desarrollaci3n / Development	
		Projectat / Diseado / Designed	ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACI3N AGUAS COLONSO
		Dibuat / Dibujado / Drafted	ANDREA STEFANIA	18/11/2015		Nombre / Nombre / Number
		Comprovat / Comprobado / Verified		26/04/2016		POTENCIA



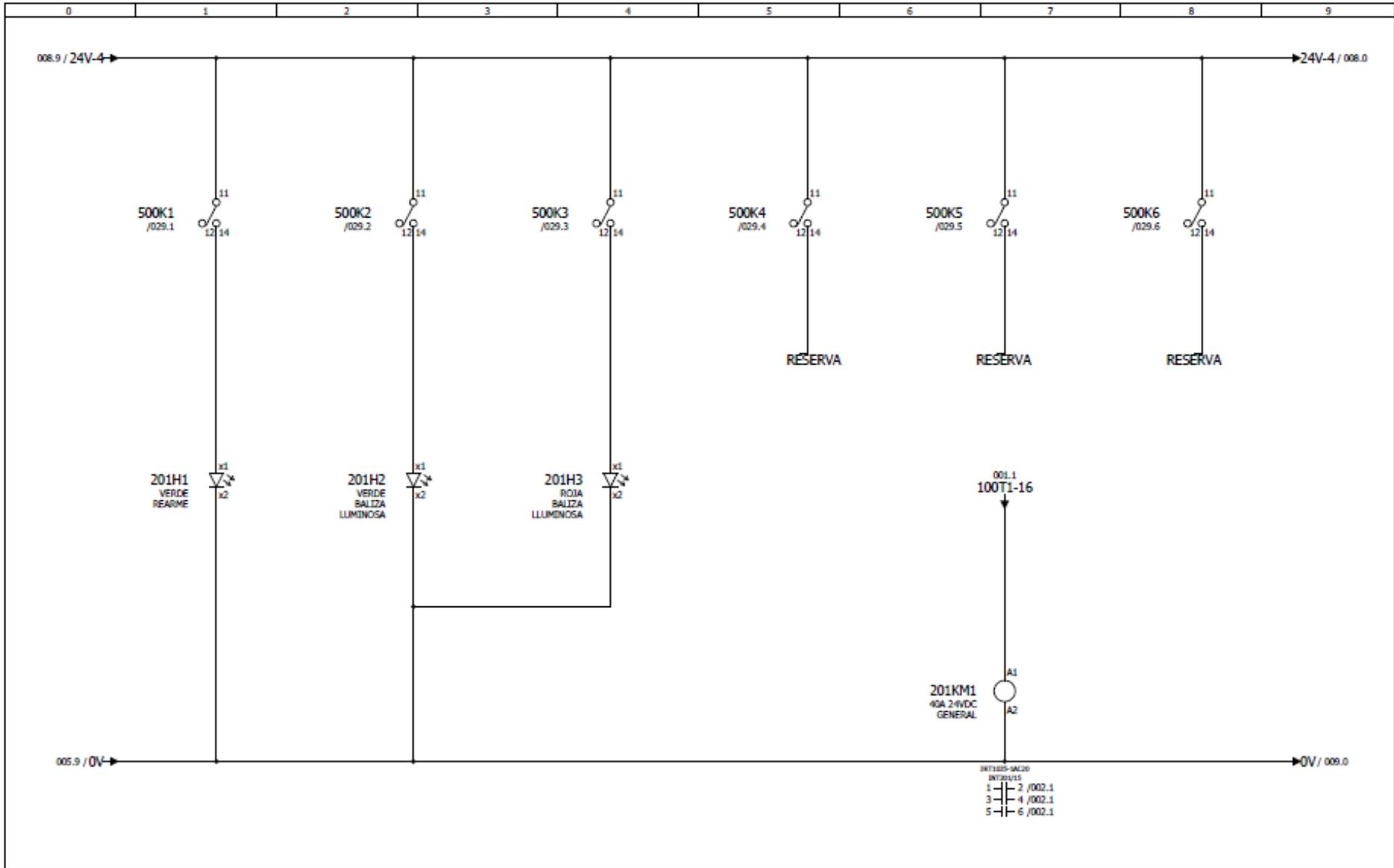
Client / Cliente / Client	Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description
	Project / Proyecto / Design	ANDREA STEFANIA	26/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO
	Drawing / Dibujo / Draft	ANDREA STEFANIA	26/04/2016	
	Completed / Completado / Verified		26/04/2016	POTENCIA
				Page / Hoja / Sheet 004 de 38



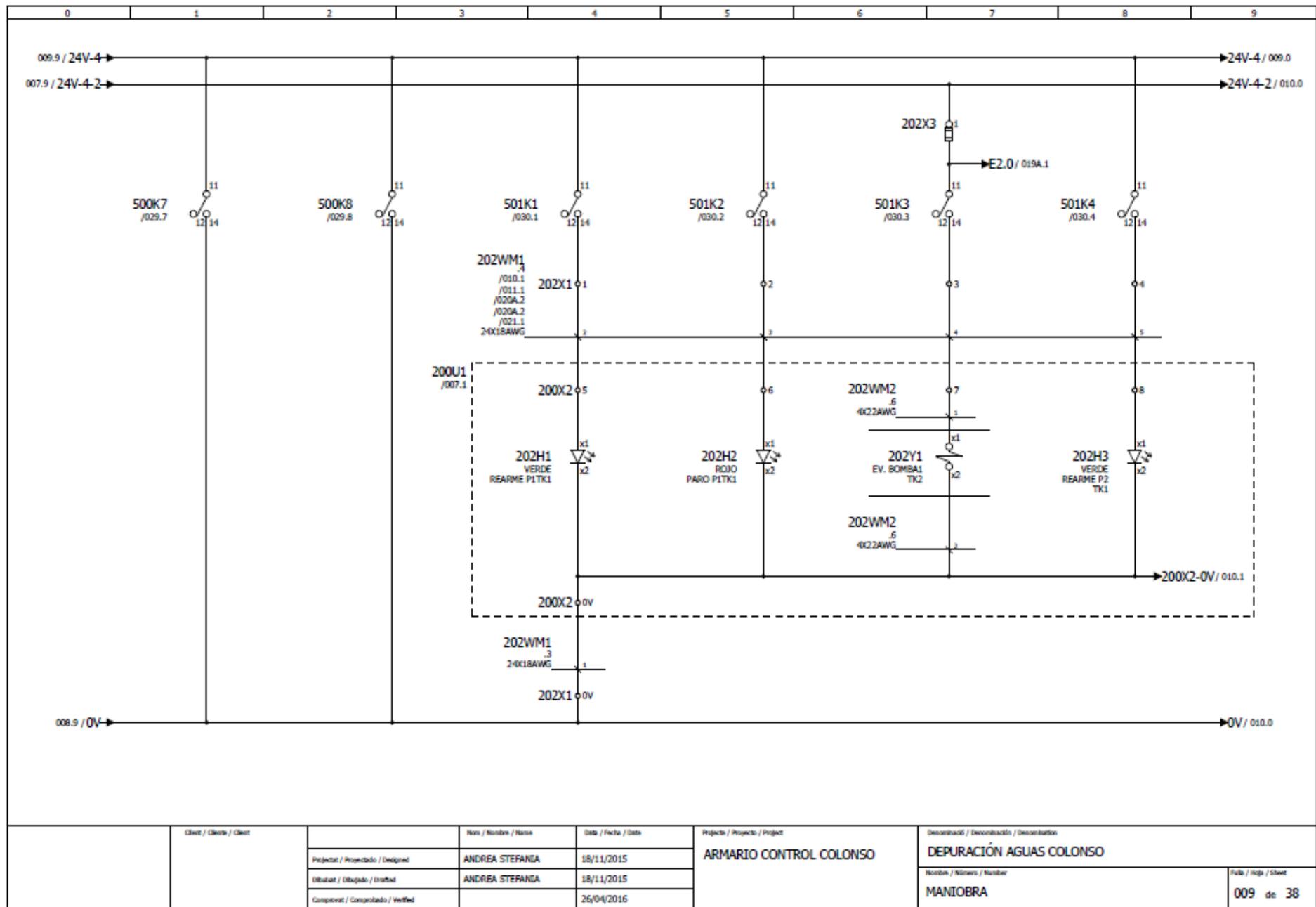
	Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Nombre	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description	
		Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	26/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
		Drawing / Dibujo / Drafted	ANDREA STEFANIA	26/04/2016		Revision / Número / Number	
		Completed / Completado / Verified		26/04/2016		CONEXIÓN PANTALLA TÁTIL	
						Page / Hoja / Sheet	006 de 38

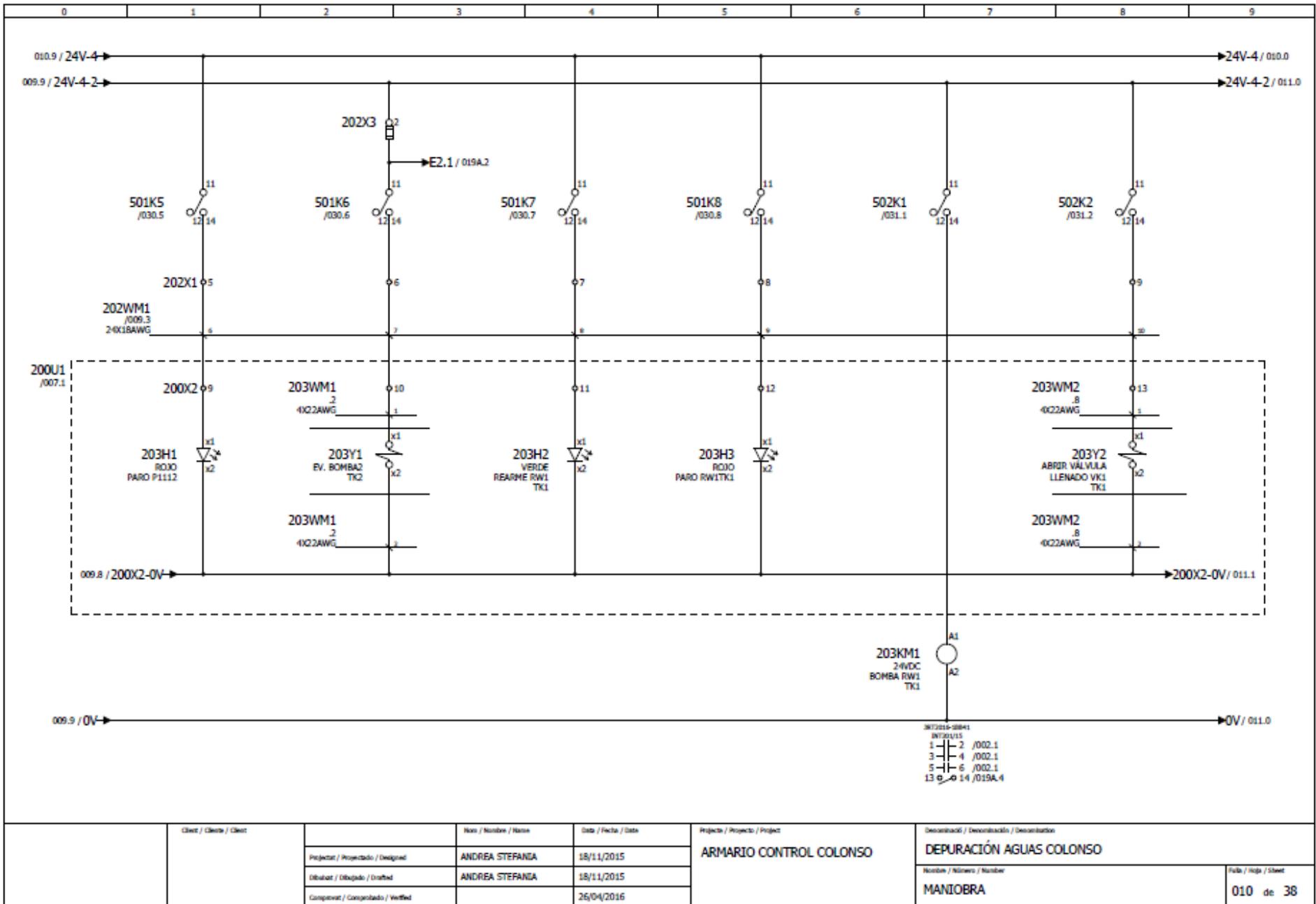


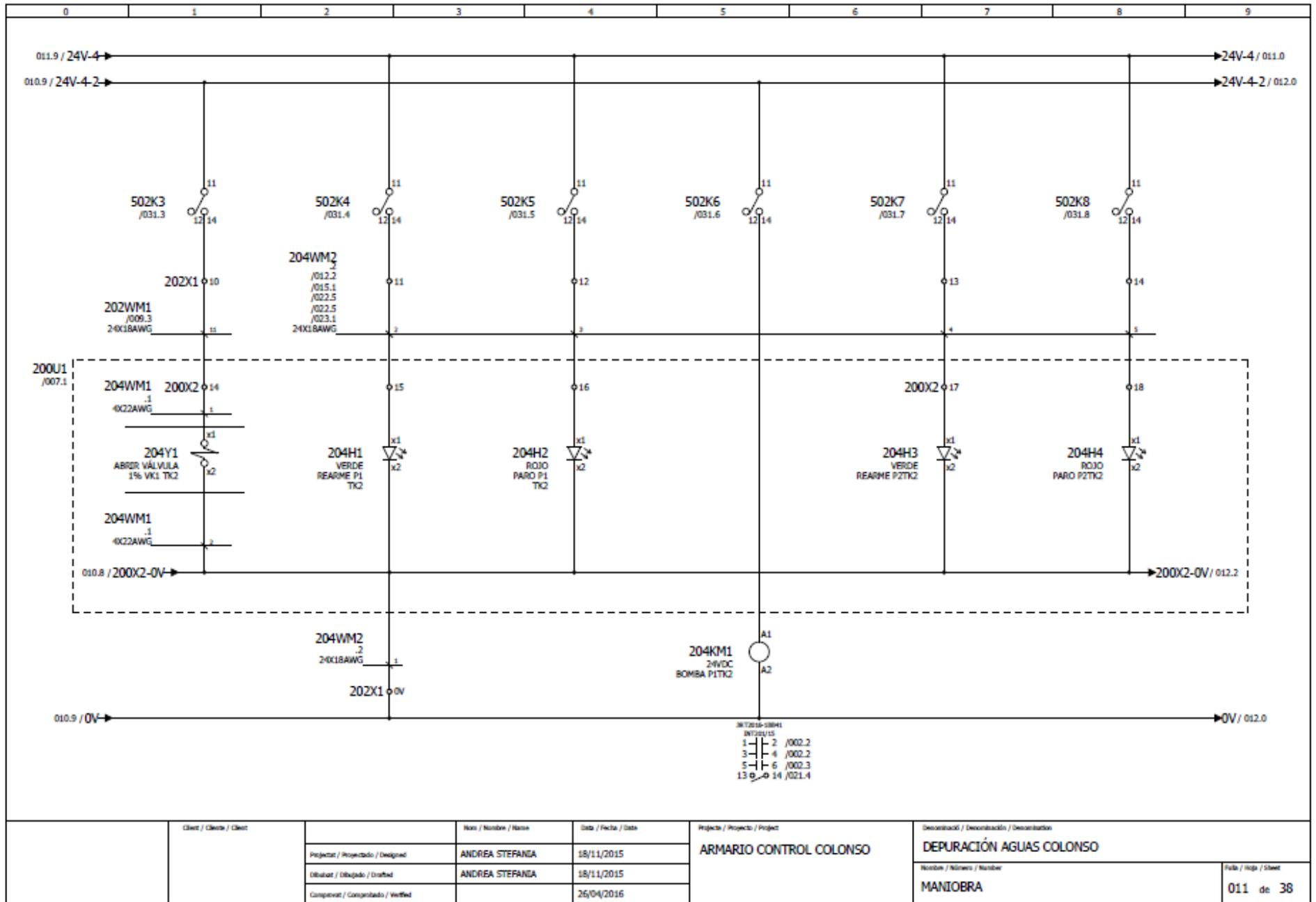
	Client / Cliente / Client						
	Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	25/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO	Desarrollado / Desarrollado / Development		
	Drawing / Dibujo / Drafted	ANDREA STEFANIA	25/04/2016		DEPURACIÓN AGUAS COLONSO		
	Completed / Completado / Verified		25/04/2016		Nombre / Número / Number		Folio / Hoja / Sheet
					CIRCUITO MANIOBRA SEGURIDAD		007 de 38

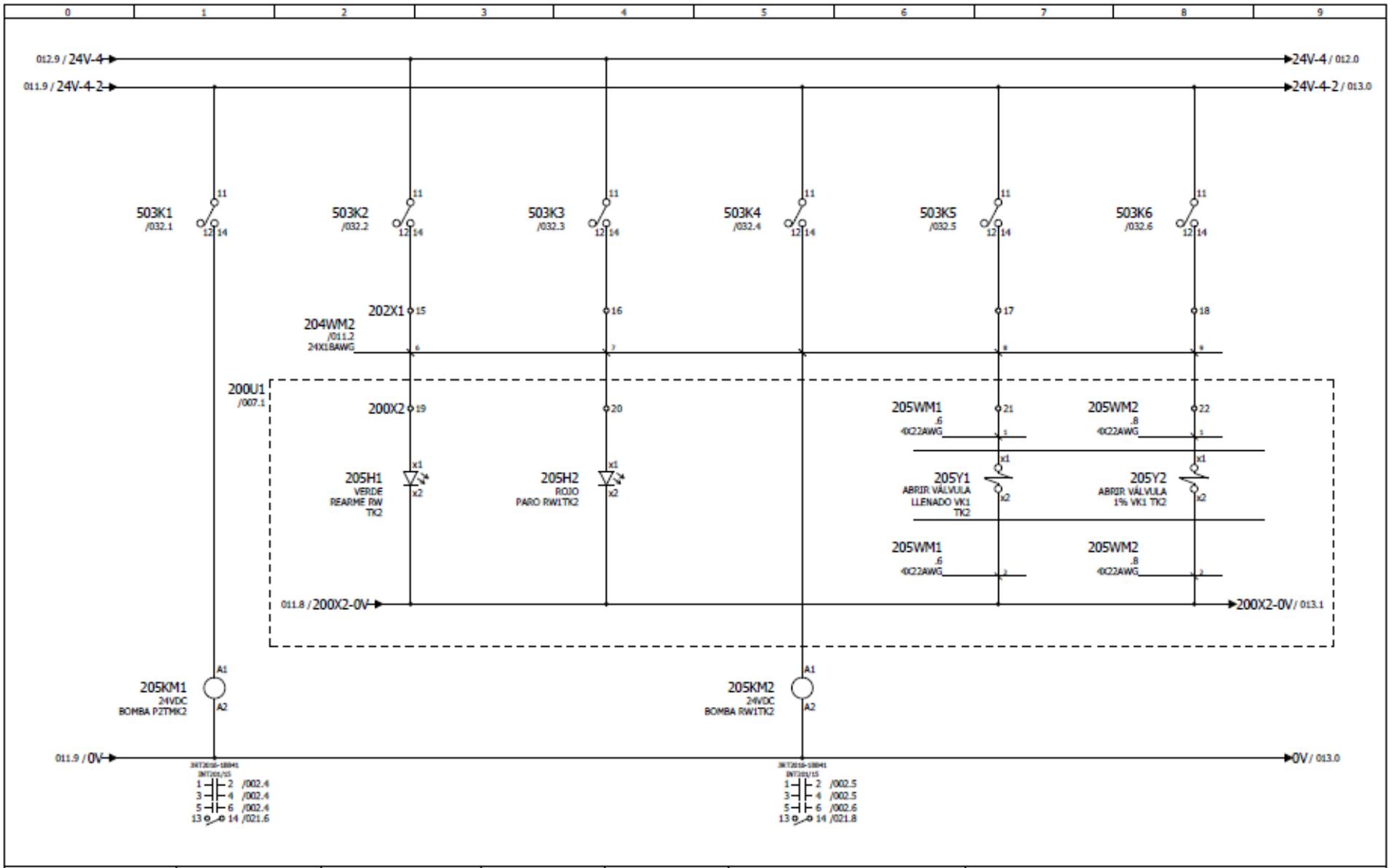


	Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Nombre	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Descripción	
	Project / Proyecto / Design	ANDREA STEFANIA	25/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO		
	Elaborat / Elaborado / Drafted	ANDREA STEFANIA	25/04/2016		Number / Número / Number		Page / Hoja / Sheet
	Comprovat / Comprobado / Verified		25/04/2016		MANIOBRA		008 de 38

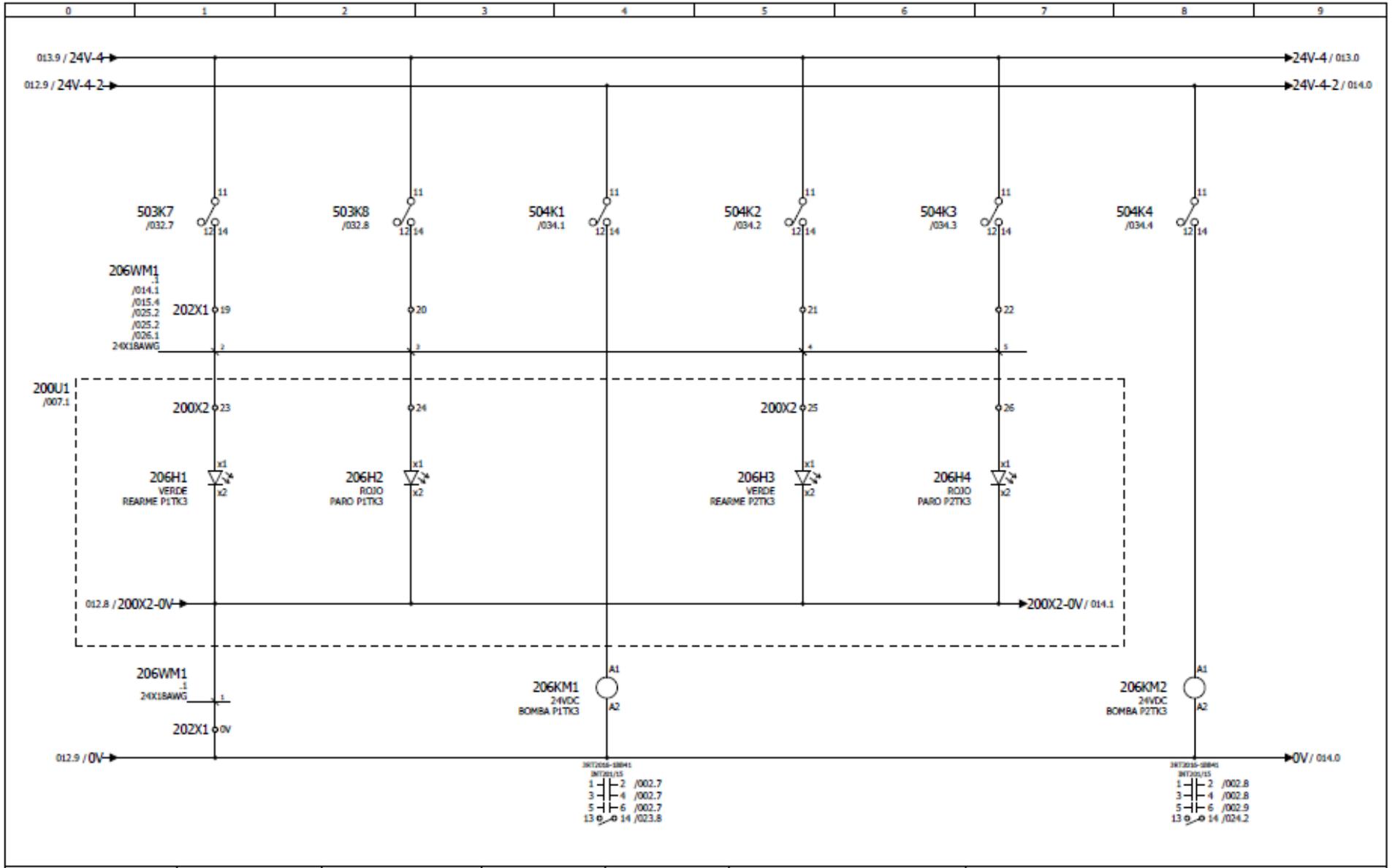




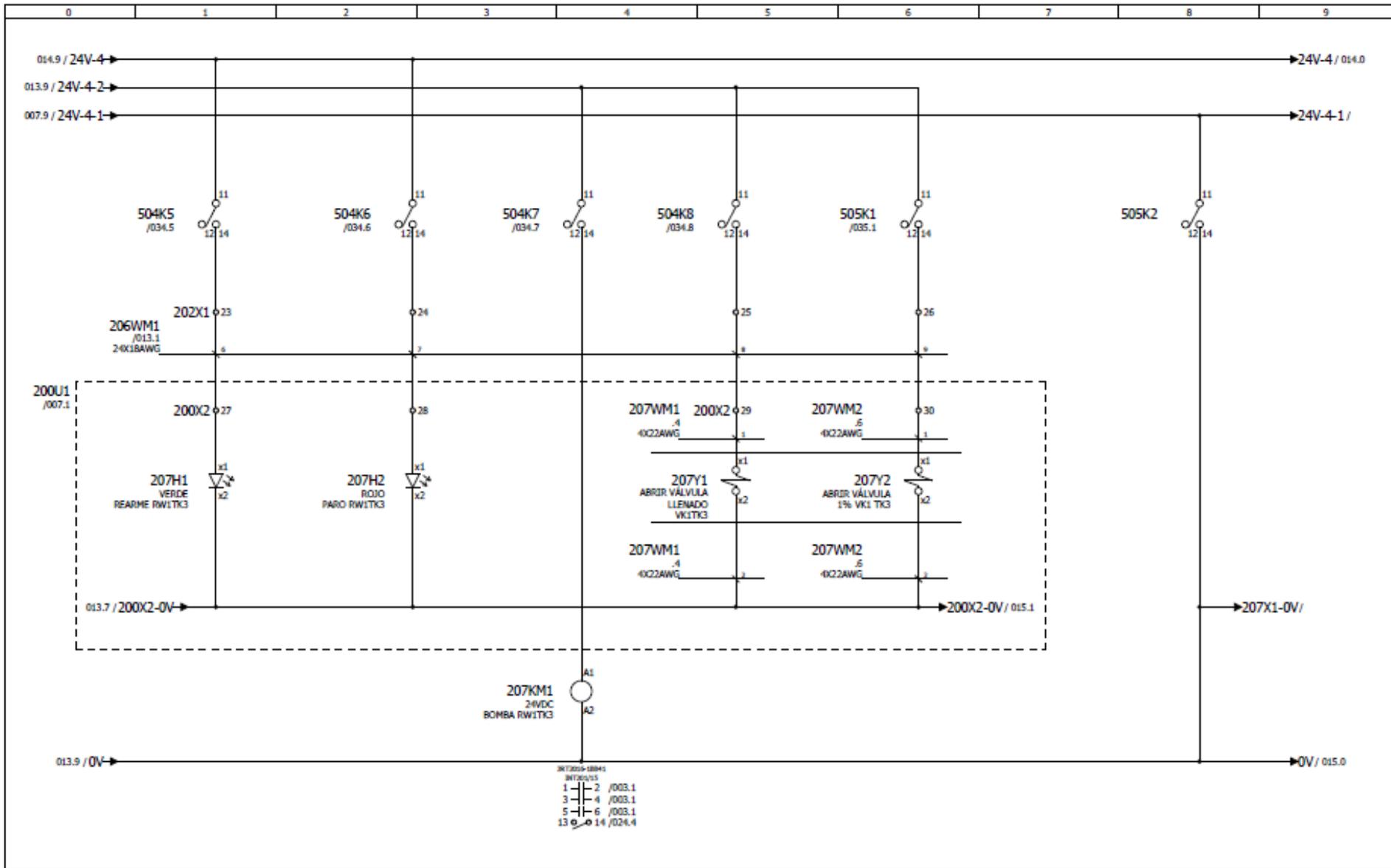




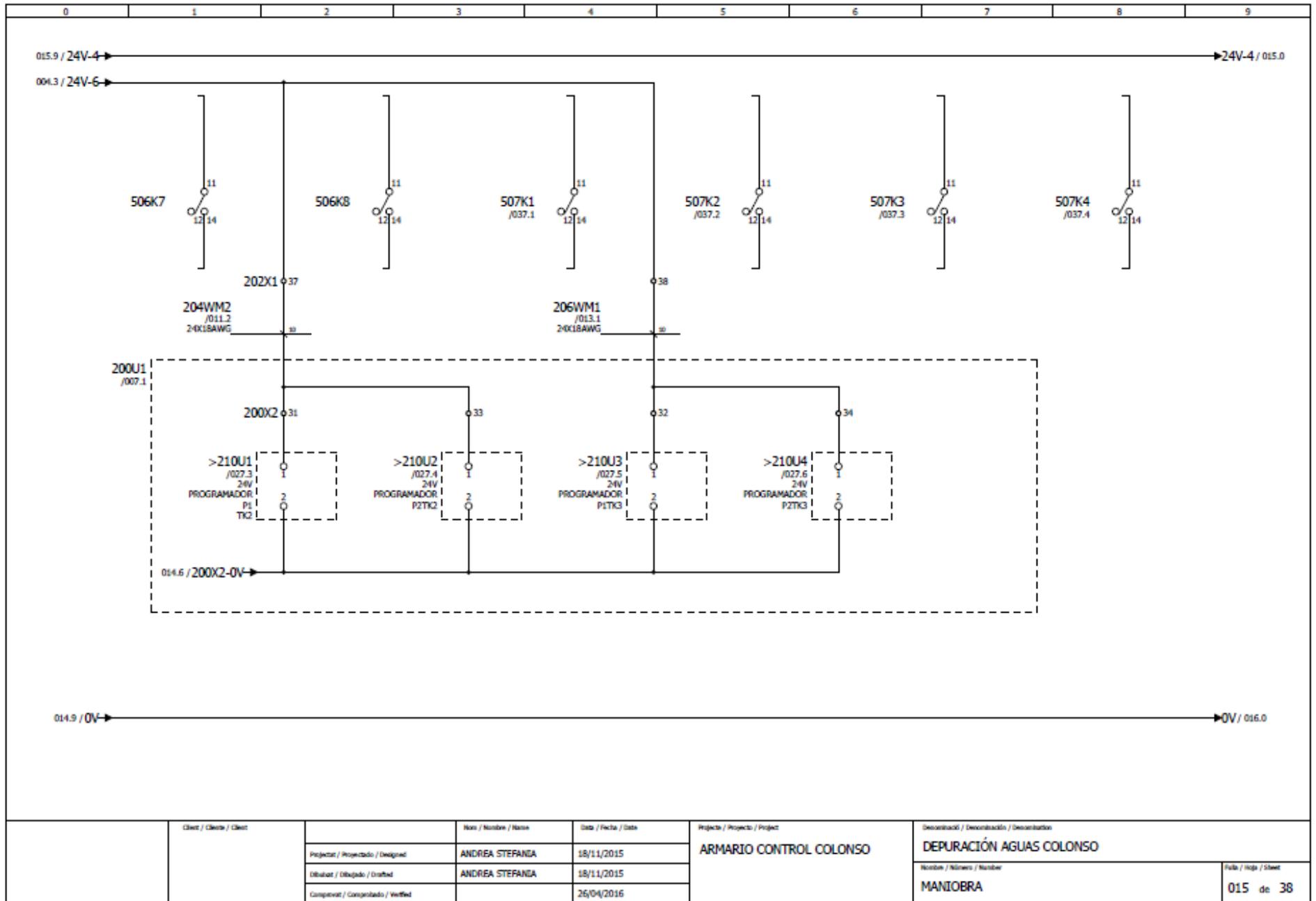
Client / Cliente / Client	Non / Nombre / Name	Andrea Stefania	Date / Fecha / Date	18/11/2015	Projecto / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description	
	Project / Proyecto / Designed	Andrea Stefania	Date / Fecha / Date	18/11/2015		DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
	Drawing / Dibujo / Drafted	Andrea Stefania	Date / Fecha / Date	18/11/2015		Number / Número / Number	
	Completed / Comprobado / Verified		Date / Fecha / Date	26/04/2016		MANIOBRA	
						Page / Hoja / Sheet	012 de 38

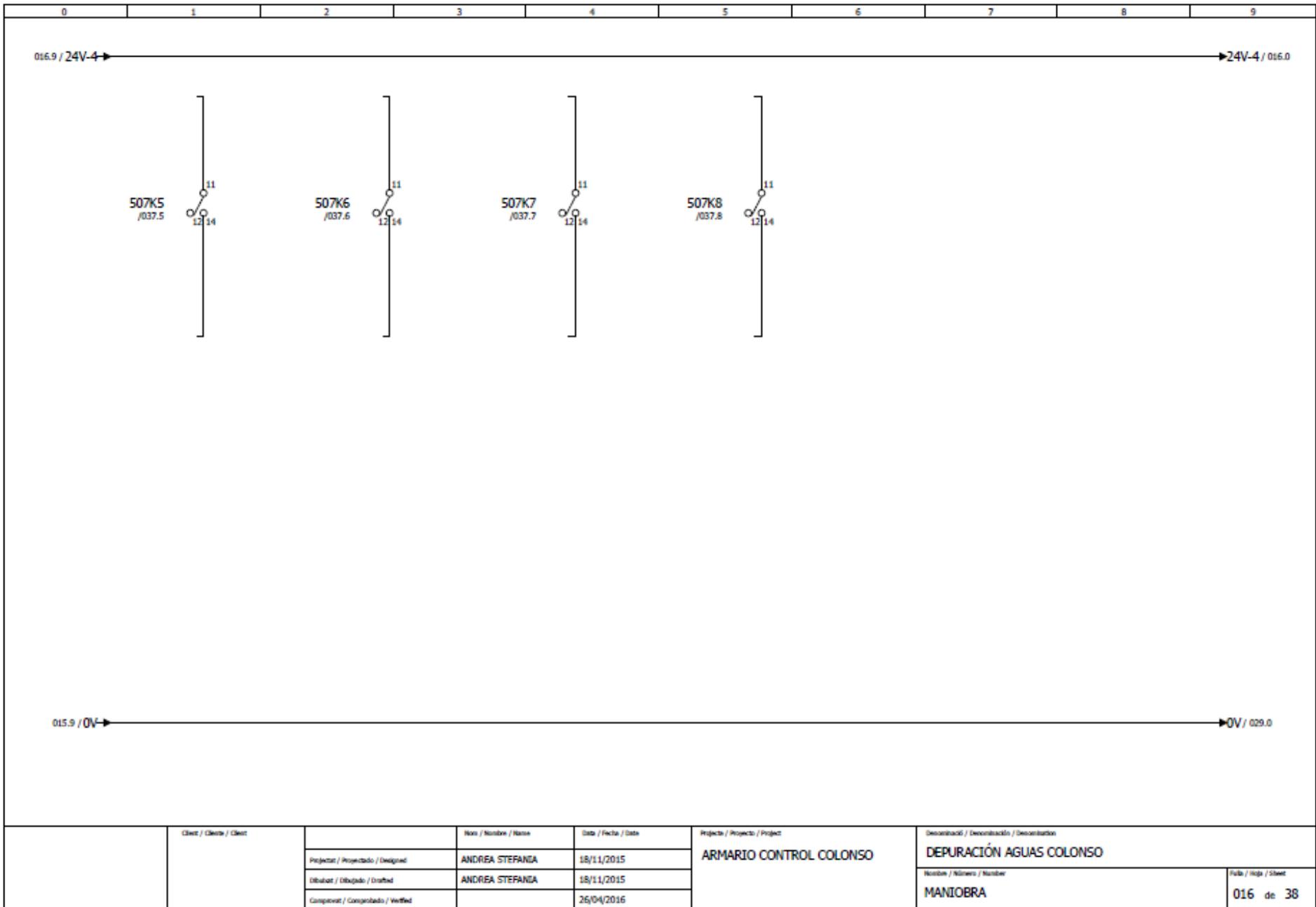


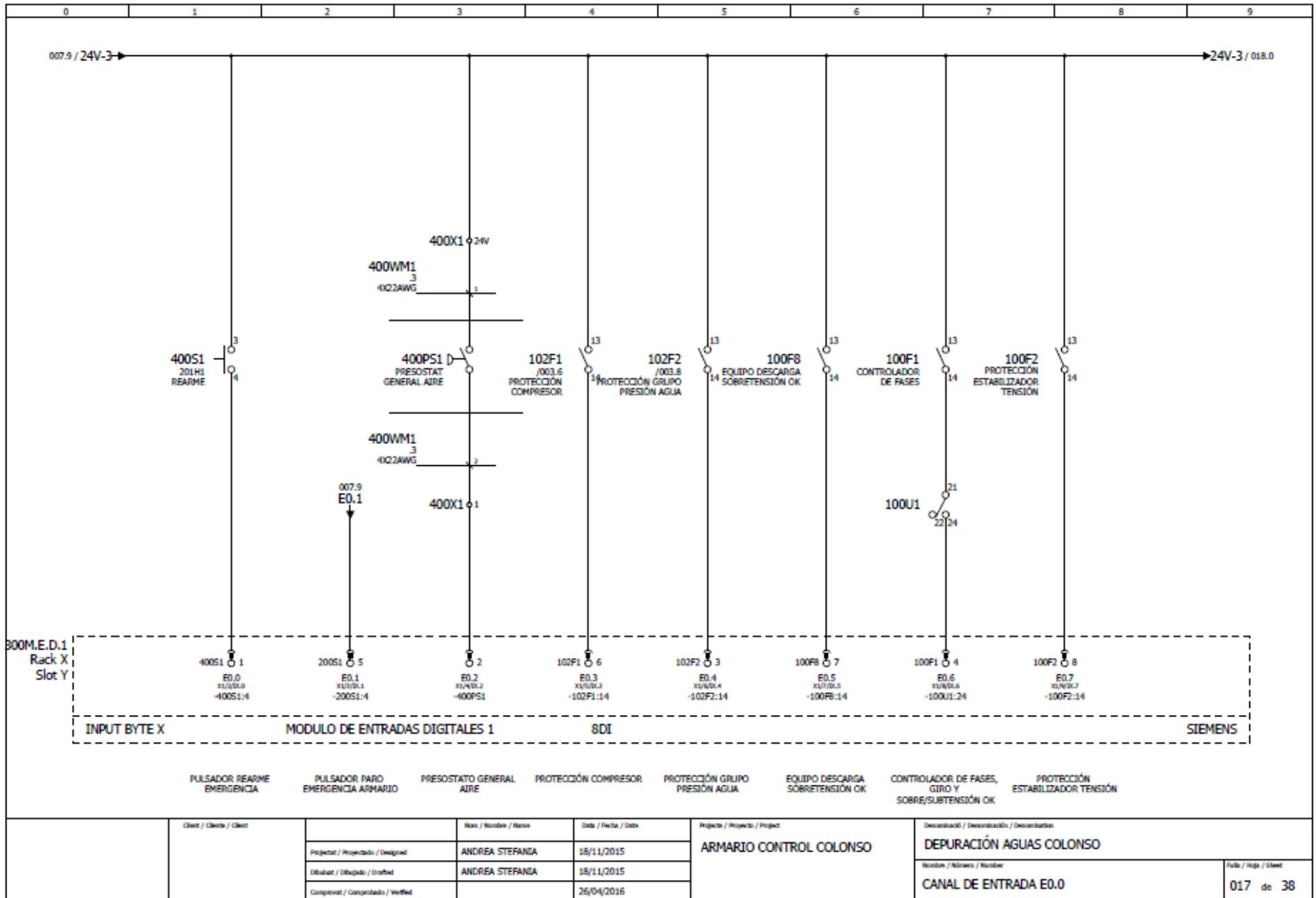
	Client / Cliente / Client	Non / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Descomisión / Descomisión / Descomisión		
		Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
		Drawing / Dibujo / Drafted	ANDREA STEFANIA	18/11/2015		Number / Número / Number	Page / Hoja / Sheet
		Complete / Comprobado / Verified		26/04/2016		MANIOBRA	013 de 38

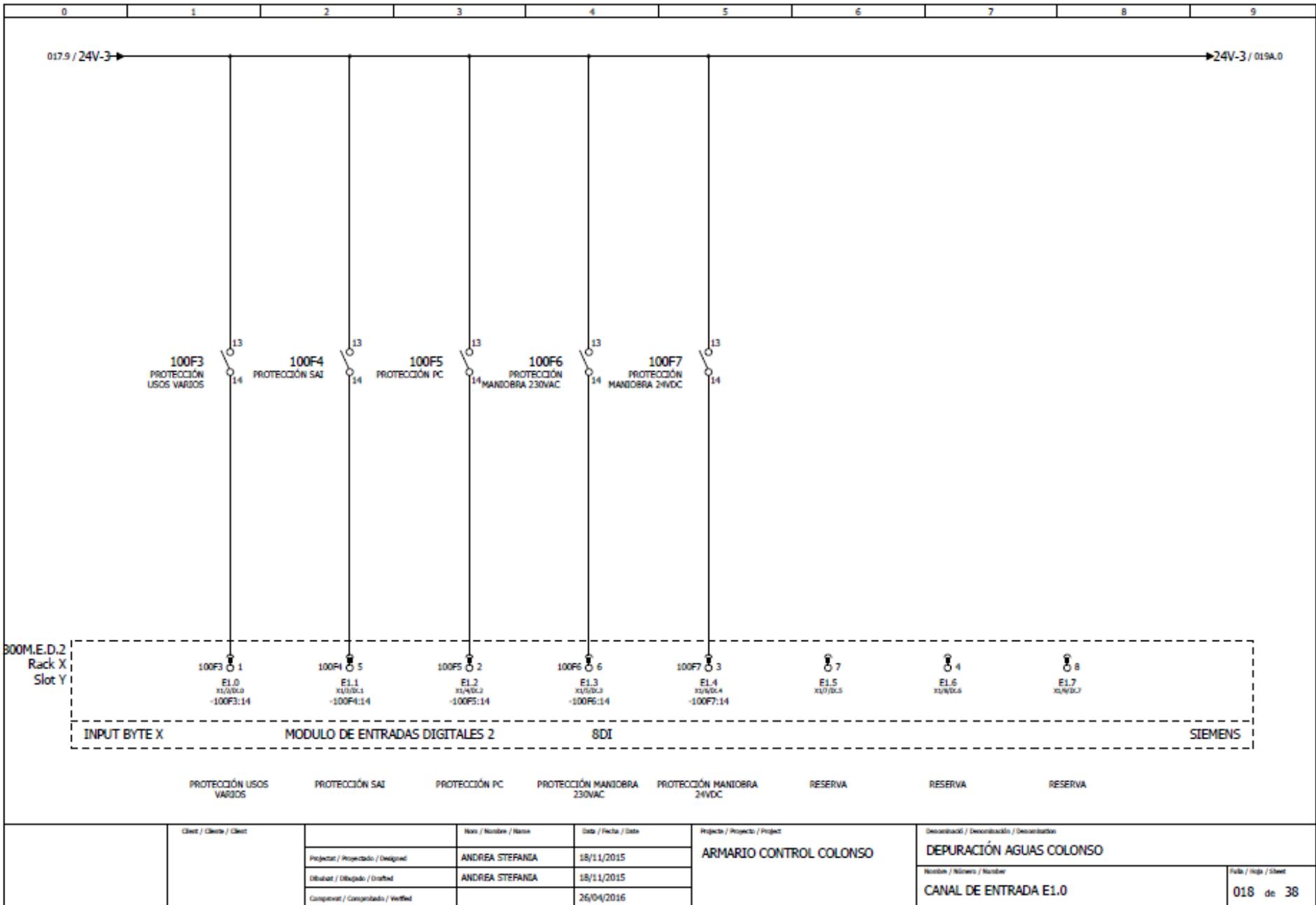


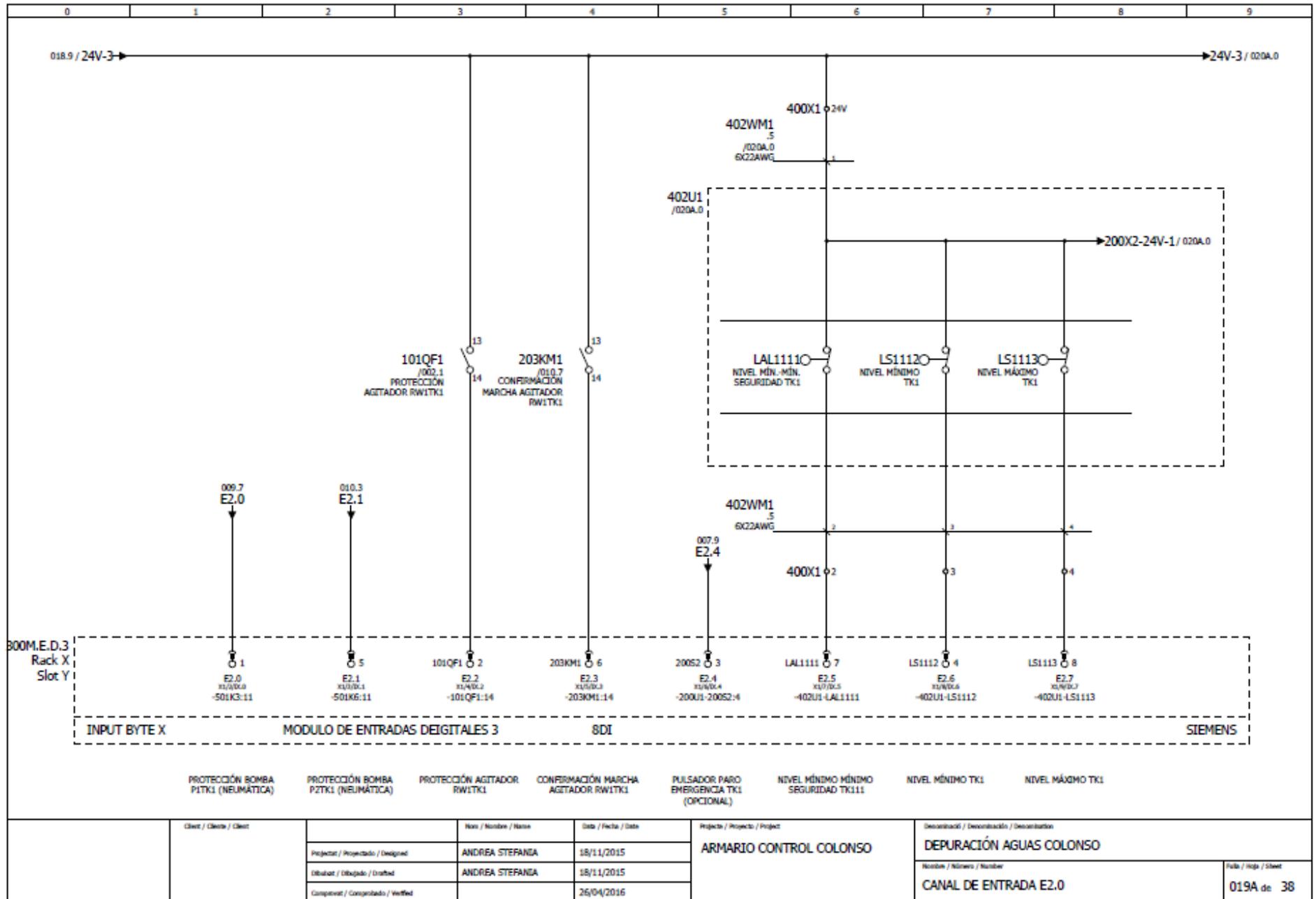
Client / Cliente / Client	Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Disconnection / Desconexión / Disconnection
	Project / Proyecto / Design	ANDREA STEFANIA	26/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO
	Drawing / Dibujo / Draft	ANDREA STEFANIA	26/04/2016	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO
	Completed / Completado / Verified		26/04/2016	MANIOBRA
				Page / Hoja / Sheet 014 de 38

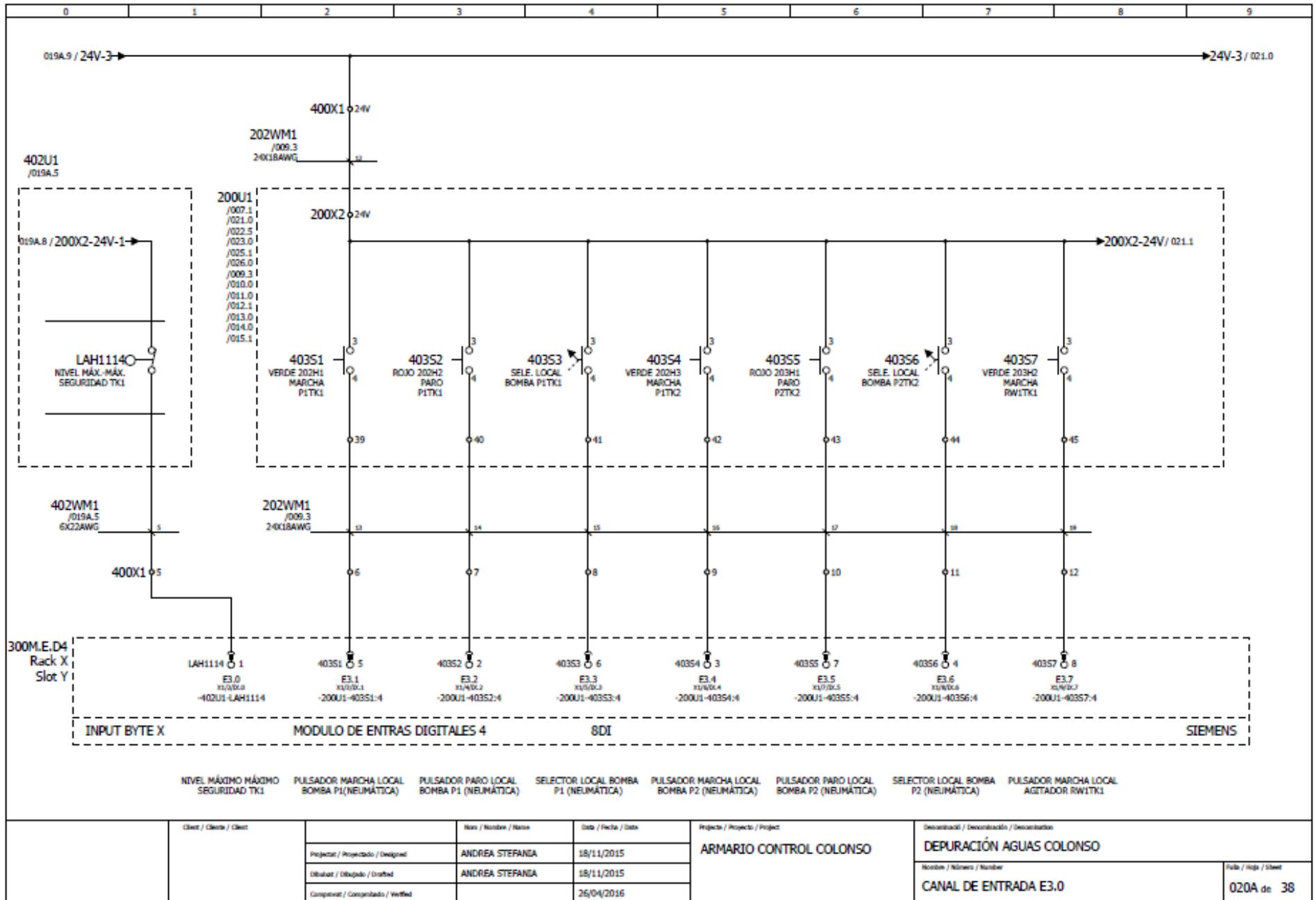


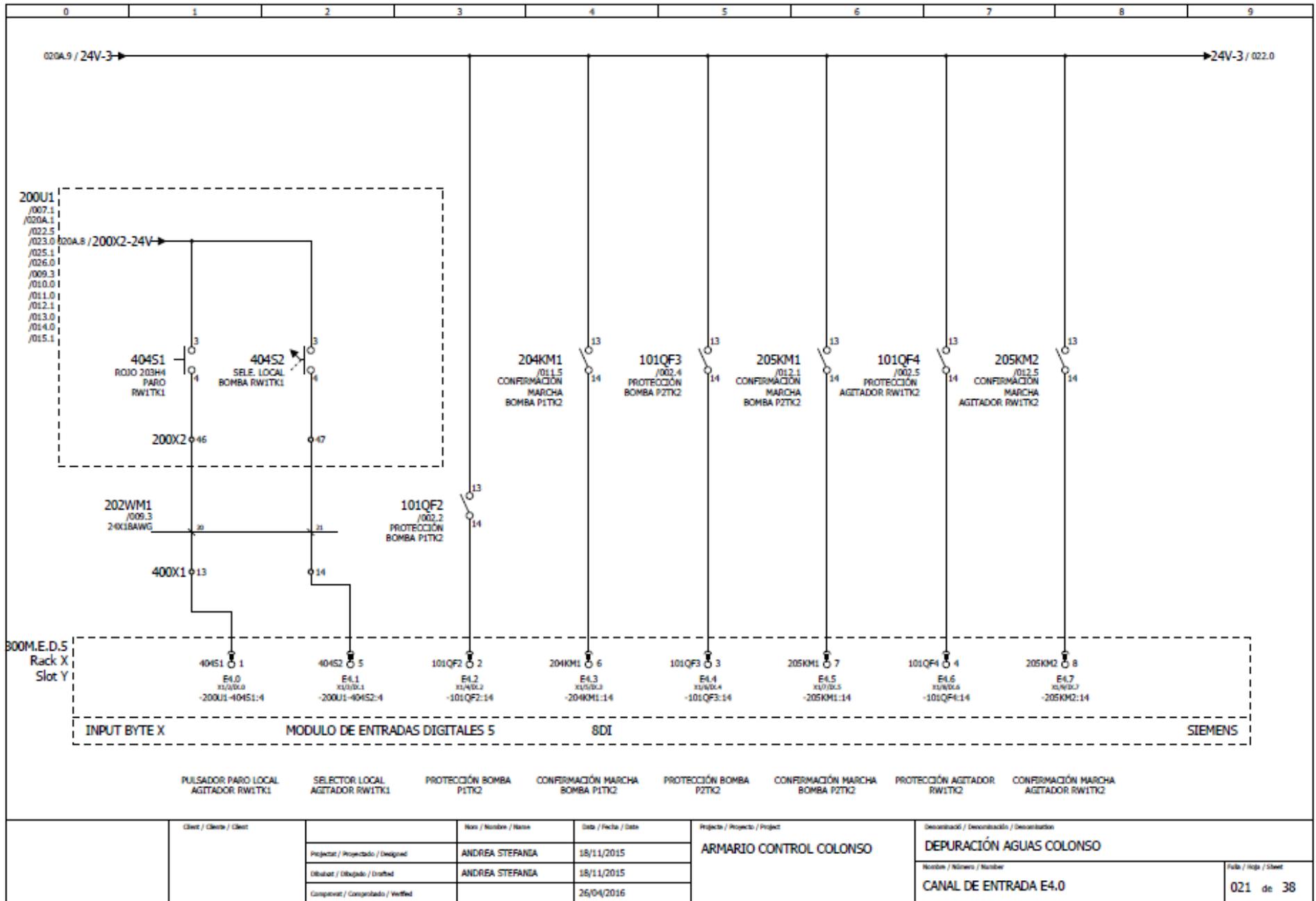


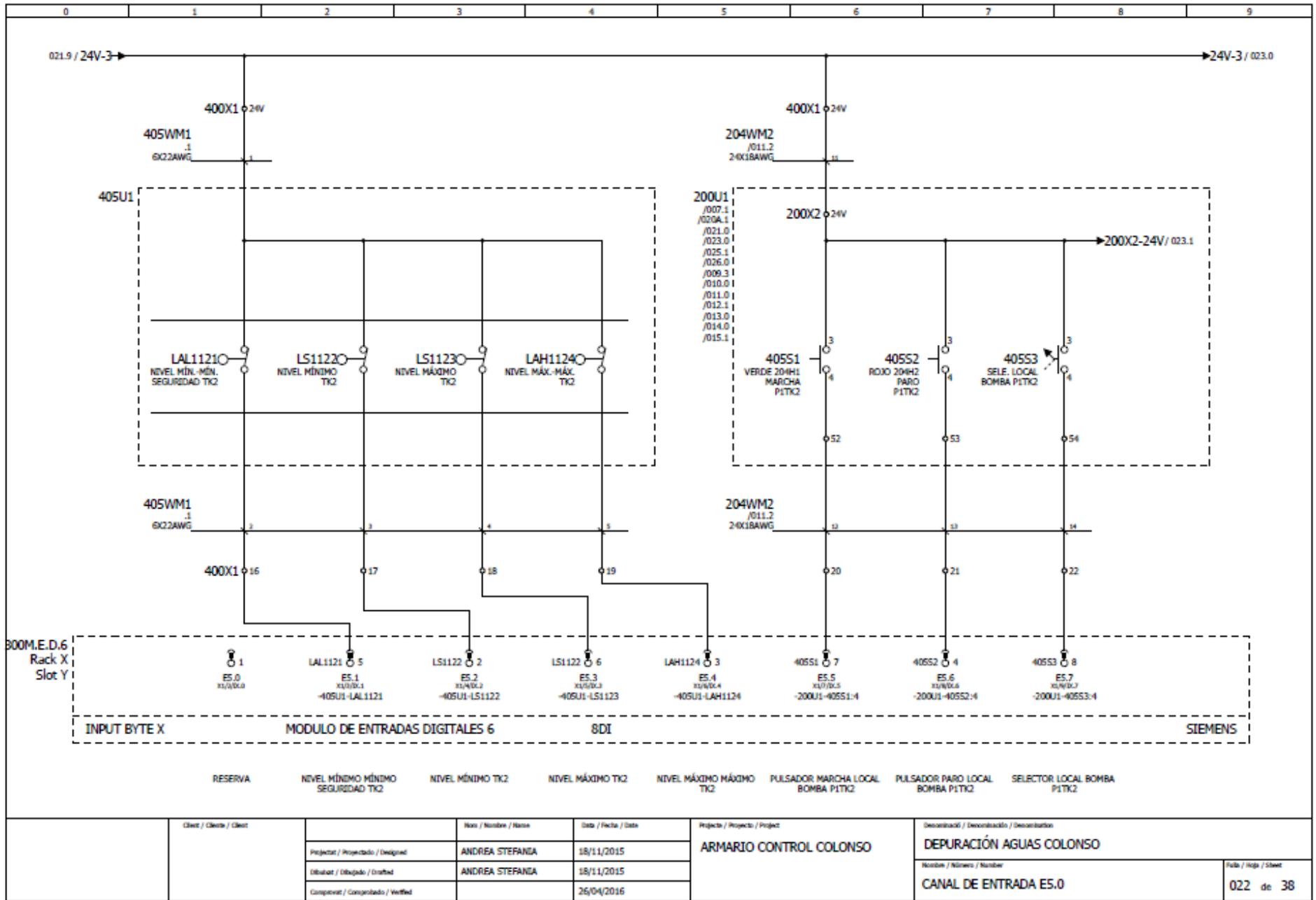


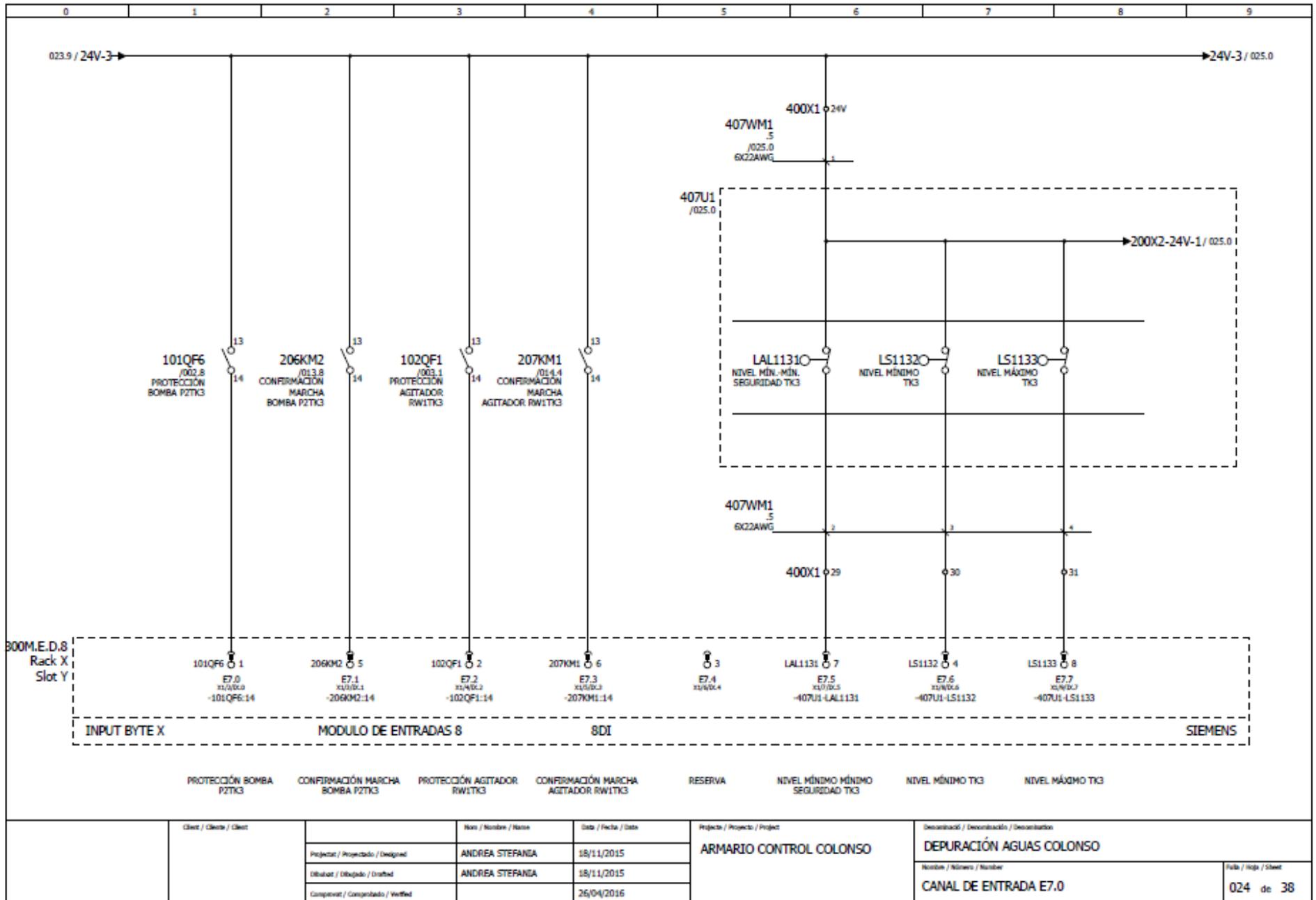


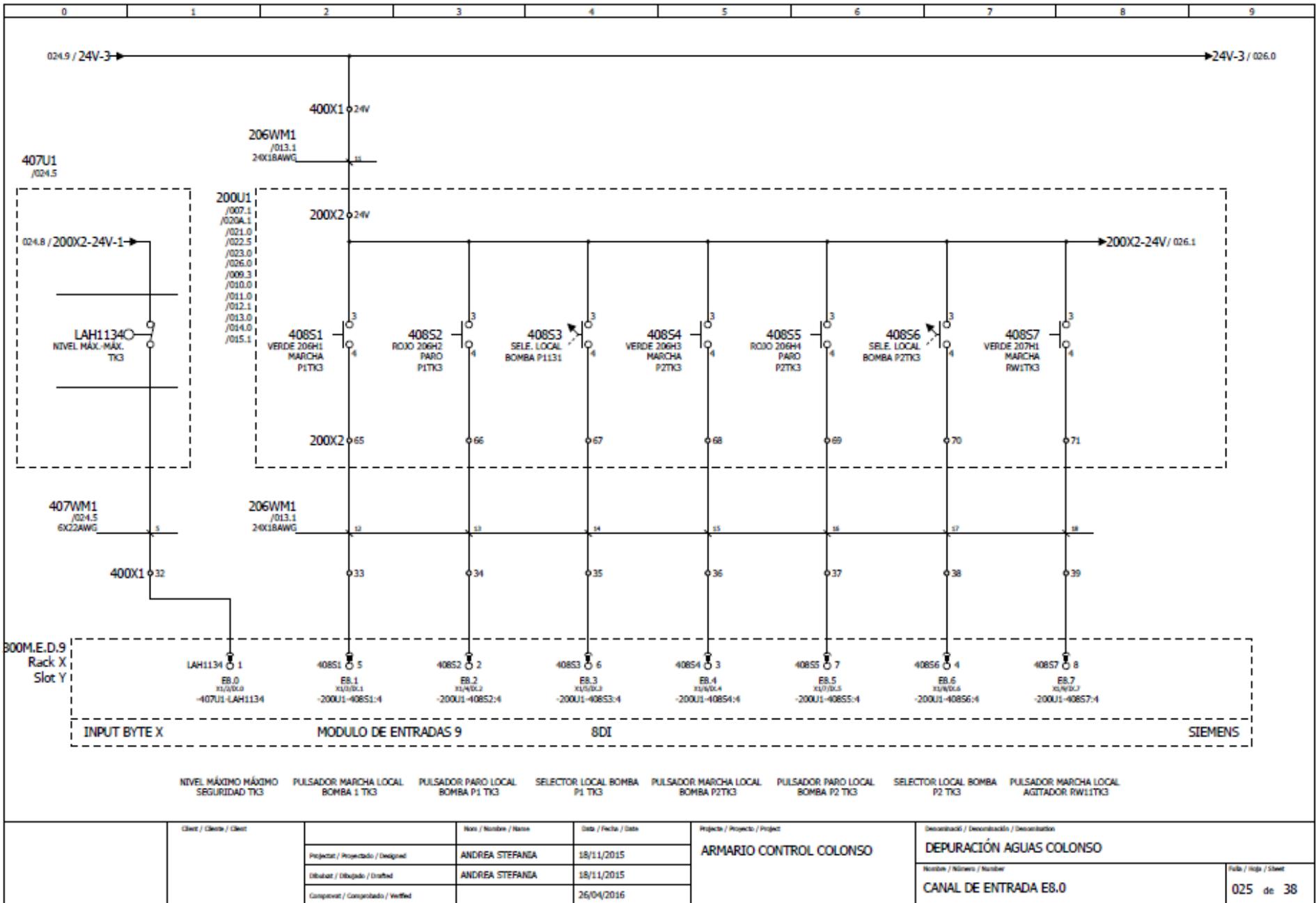


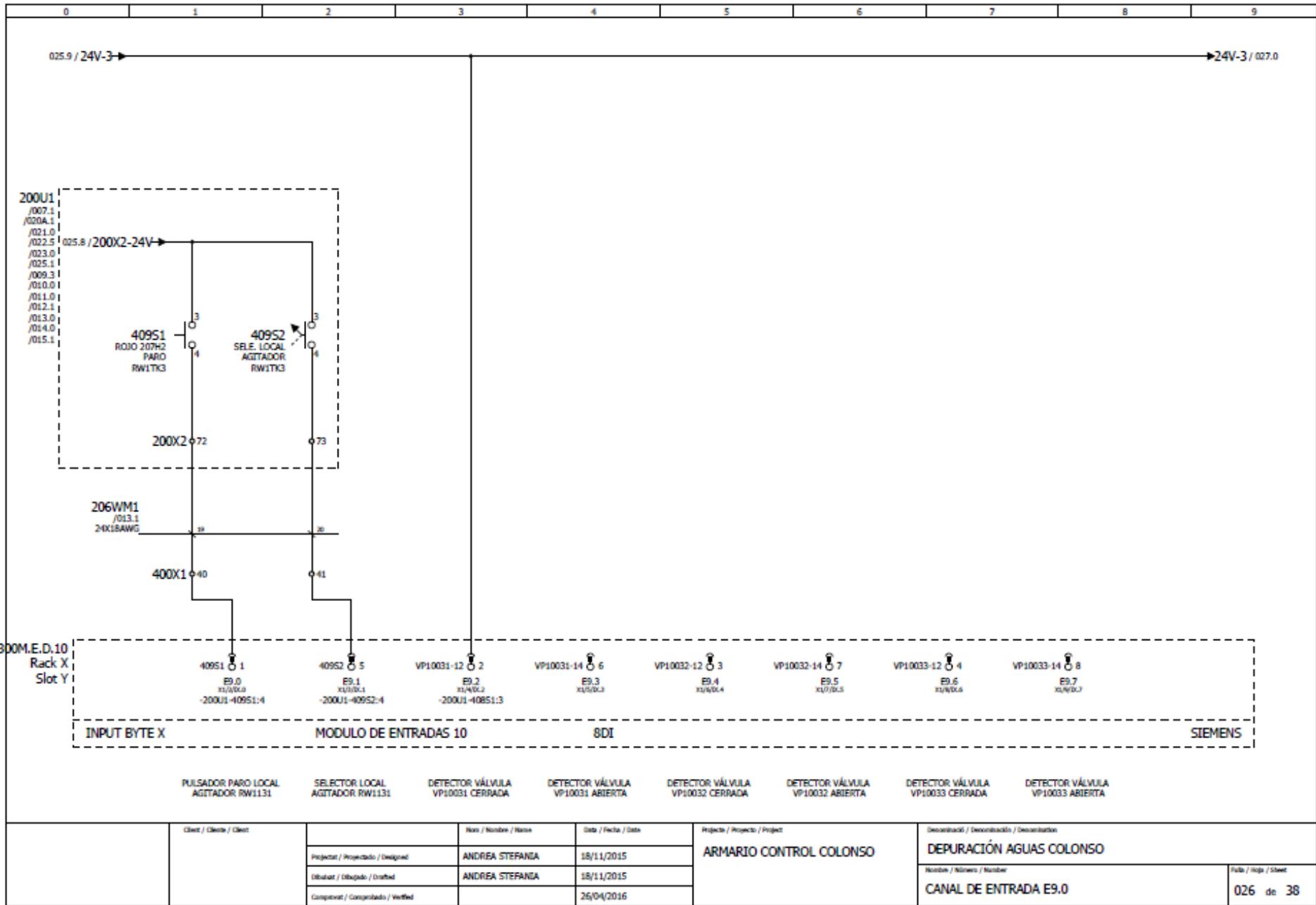


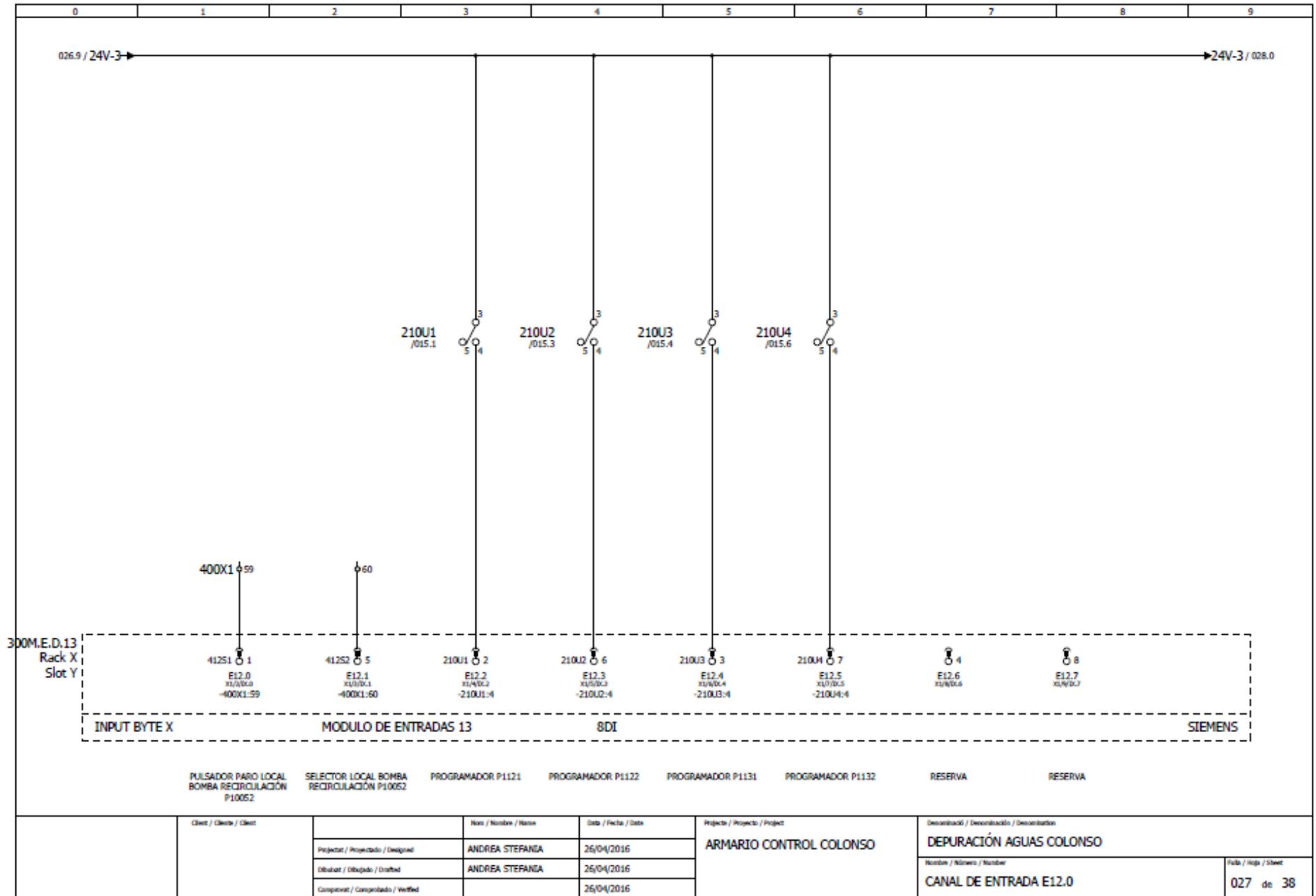




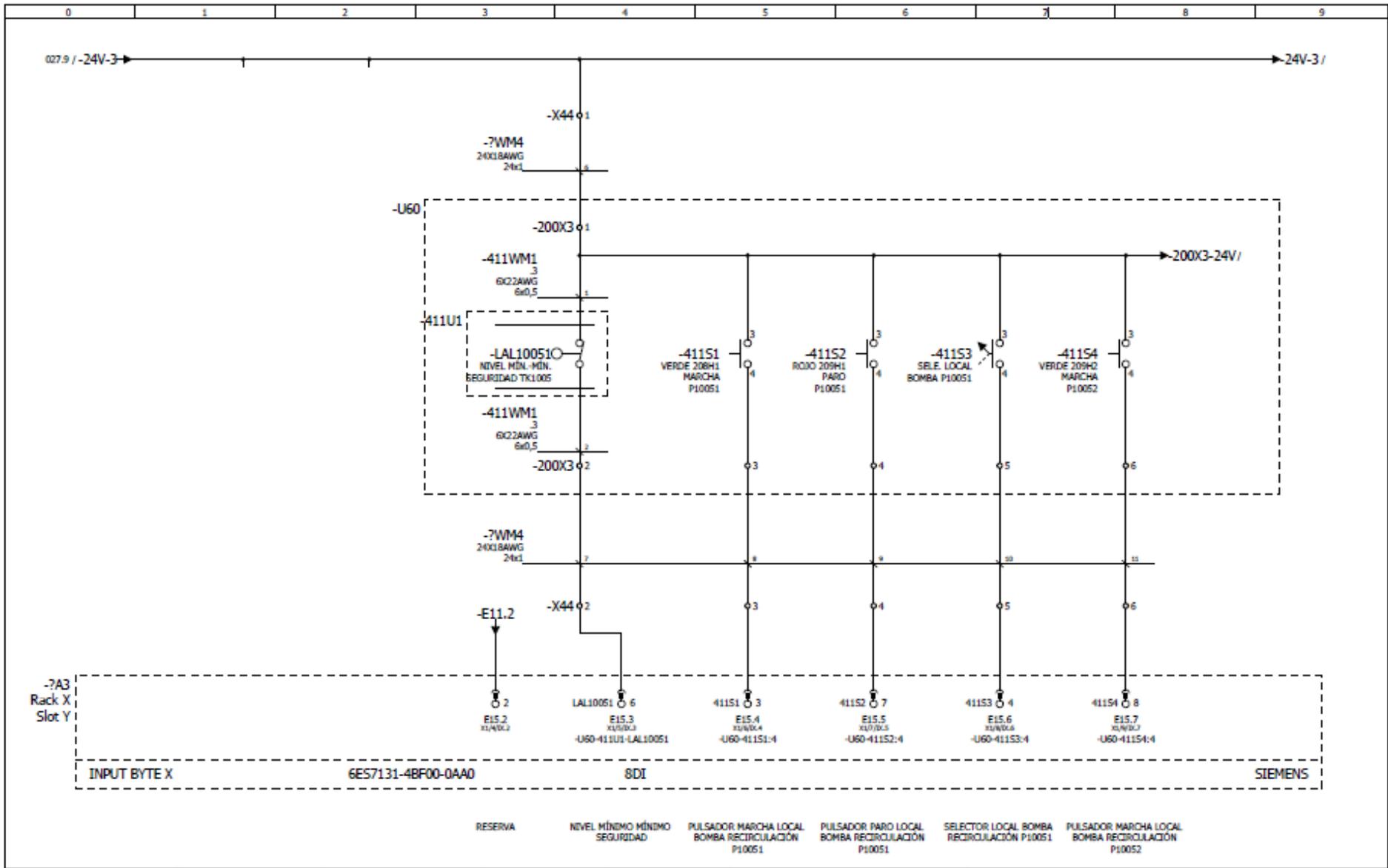




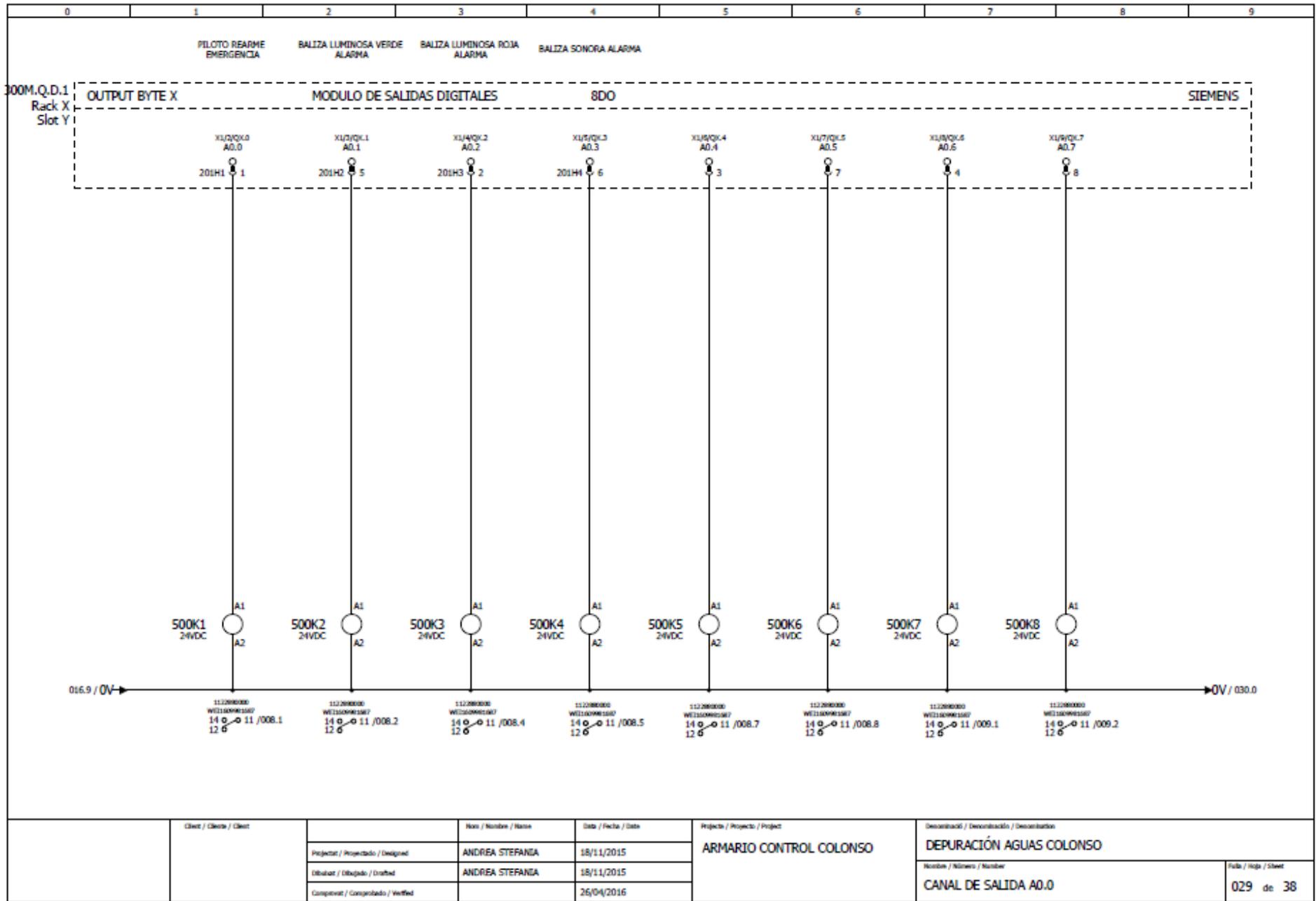




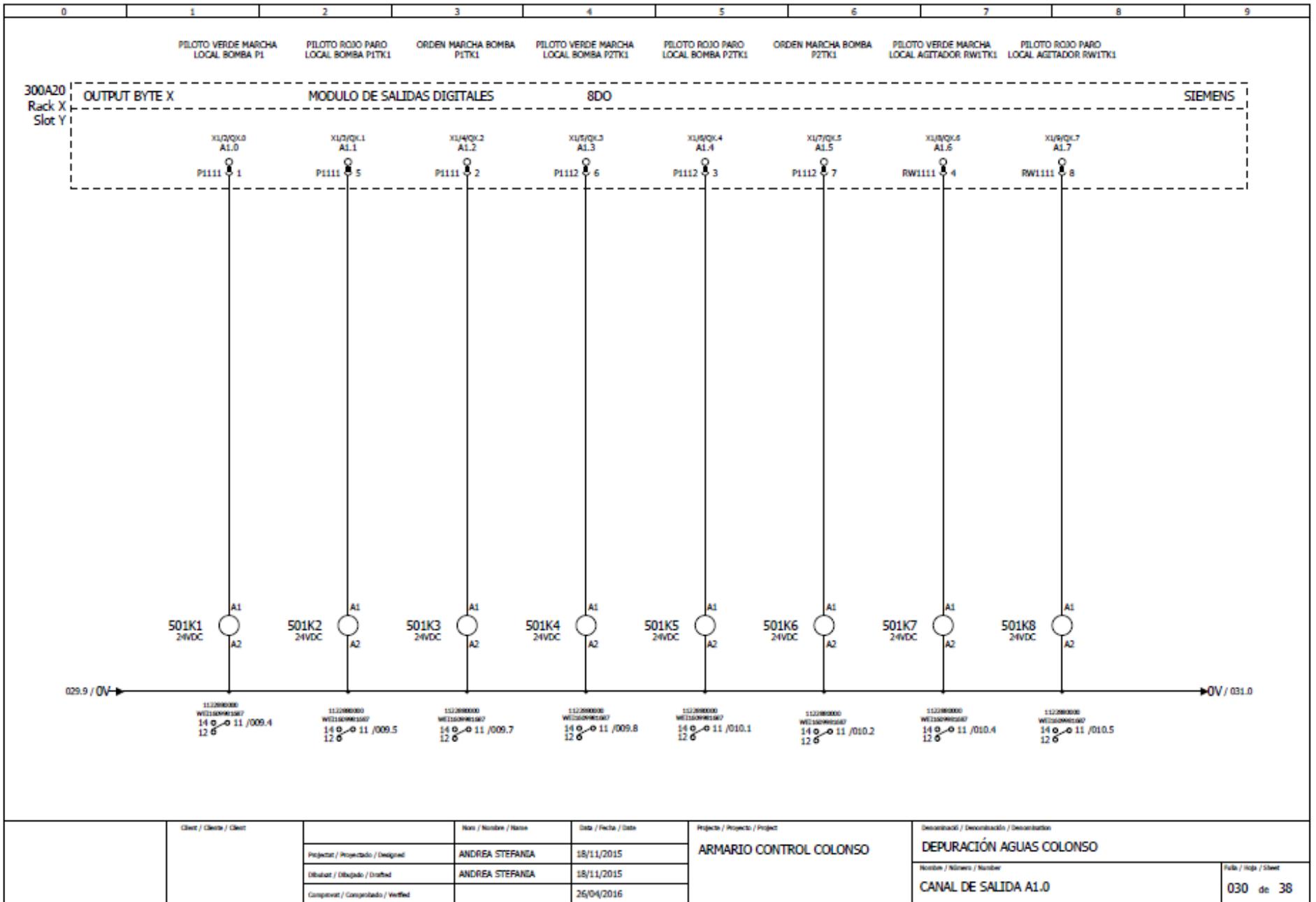
	Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description	Folio / Page / Sheet
	Projector / Proyecto / Designed		ANDREA STEFANIA	26/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
	Drafter / Dibujado / Drafted		ANDREA STEFANIA	26/04/2016		Number / Número / Number	027 de 38
	Completed / Completado / Verified			26/04/2016		CANAL DE ENTRADA E12.0	

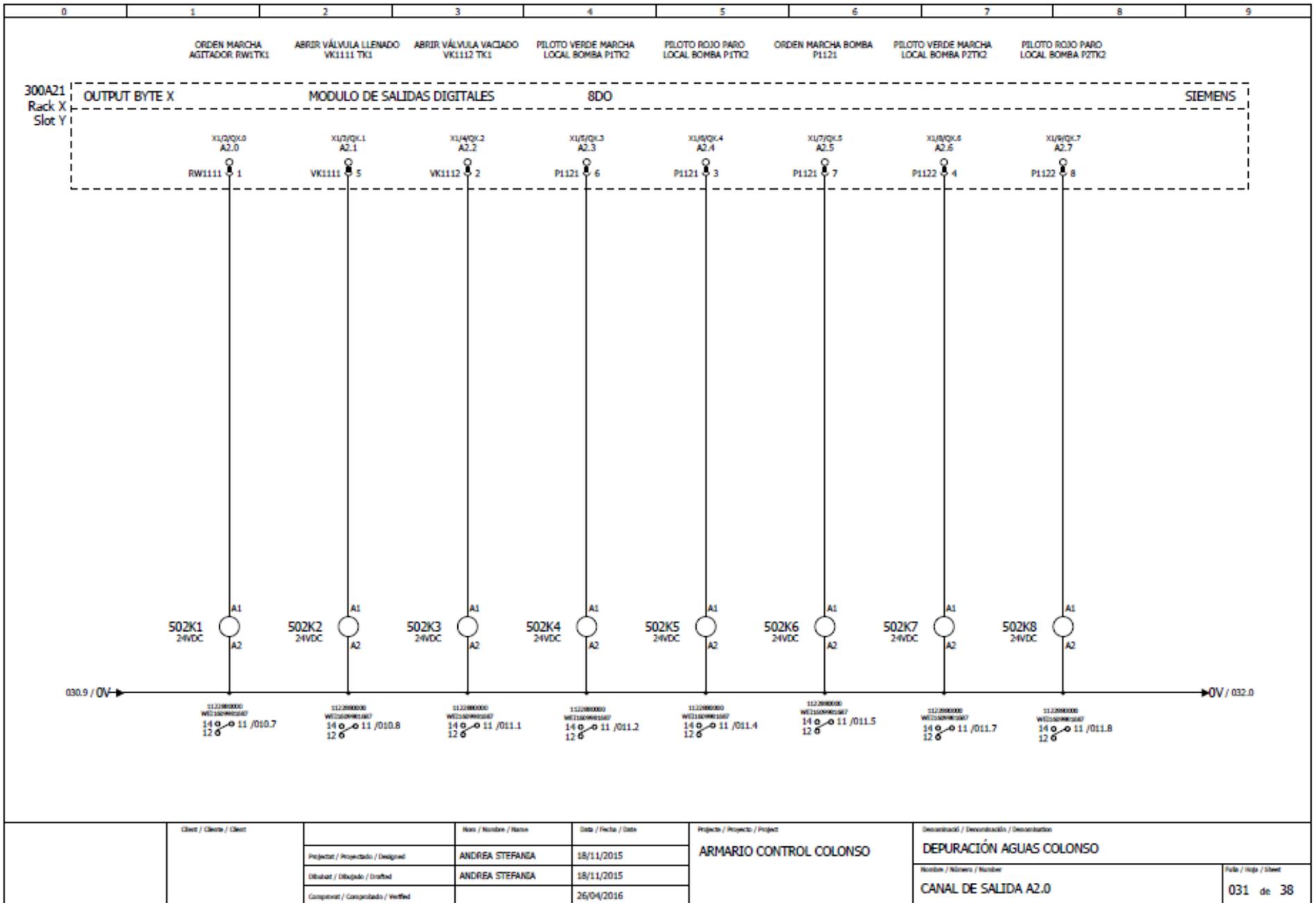


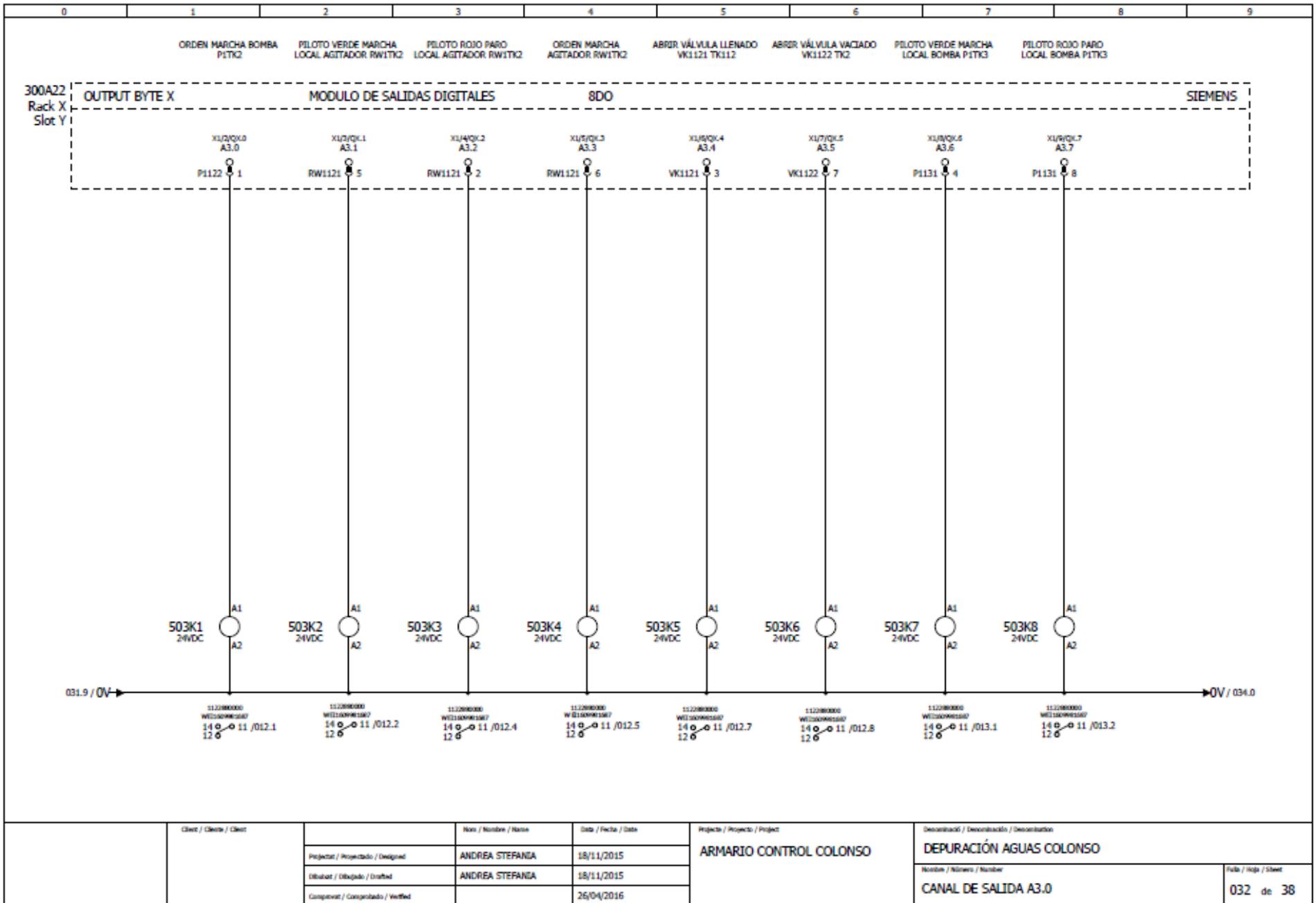
	Client / Cliente / Client		Nome / Nombre / Name	DATE / Fecha / Date	Projecto / Proyecto / Project	Descripción / Descripción / Description	
	Project / Proyecto / Design		ANDREA STEFANIA	26/04/2016	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
	Drawn / Dibujo / Drafted		ANDREA STEFANIA	26/04/2016		Nombre / Número / Number	Folio / Hoja / Sheet
Completed / Comprobado / Verified				26/04/2016		CANAL DE ENTRADA E11.0	028 de 38

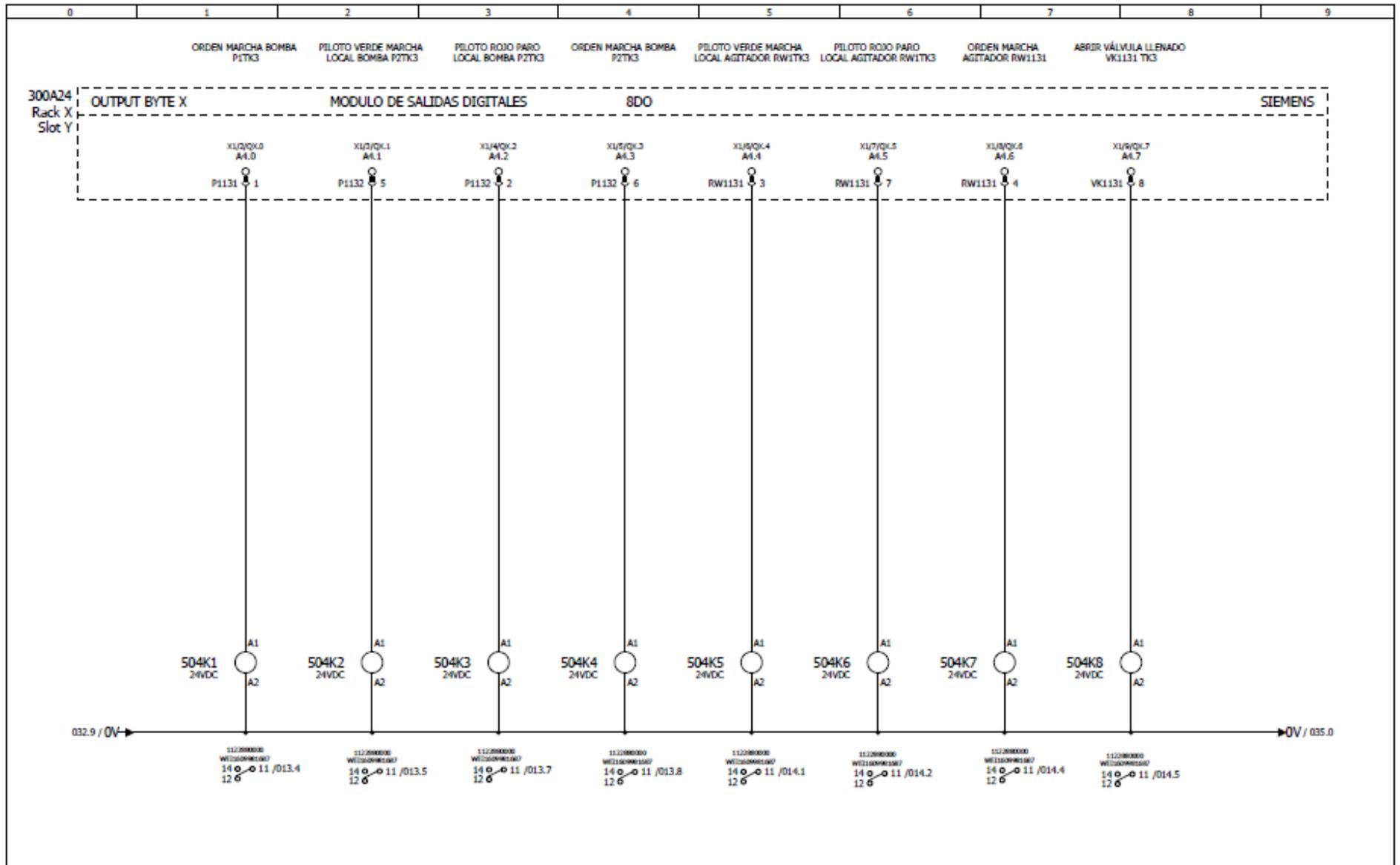


Client / Cliente / Client	Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Designation / Designación / Designation	Folio / Hoja / Sheet
	Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	
	Drawing / Dibujo / Drafted	ANDREA STEFANIA	18/11/2015		Number / Número / Number
	Completed / Completado / Verified		25/04/2016		CANAL DE SALIDA A0.0

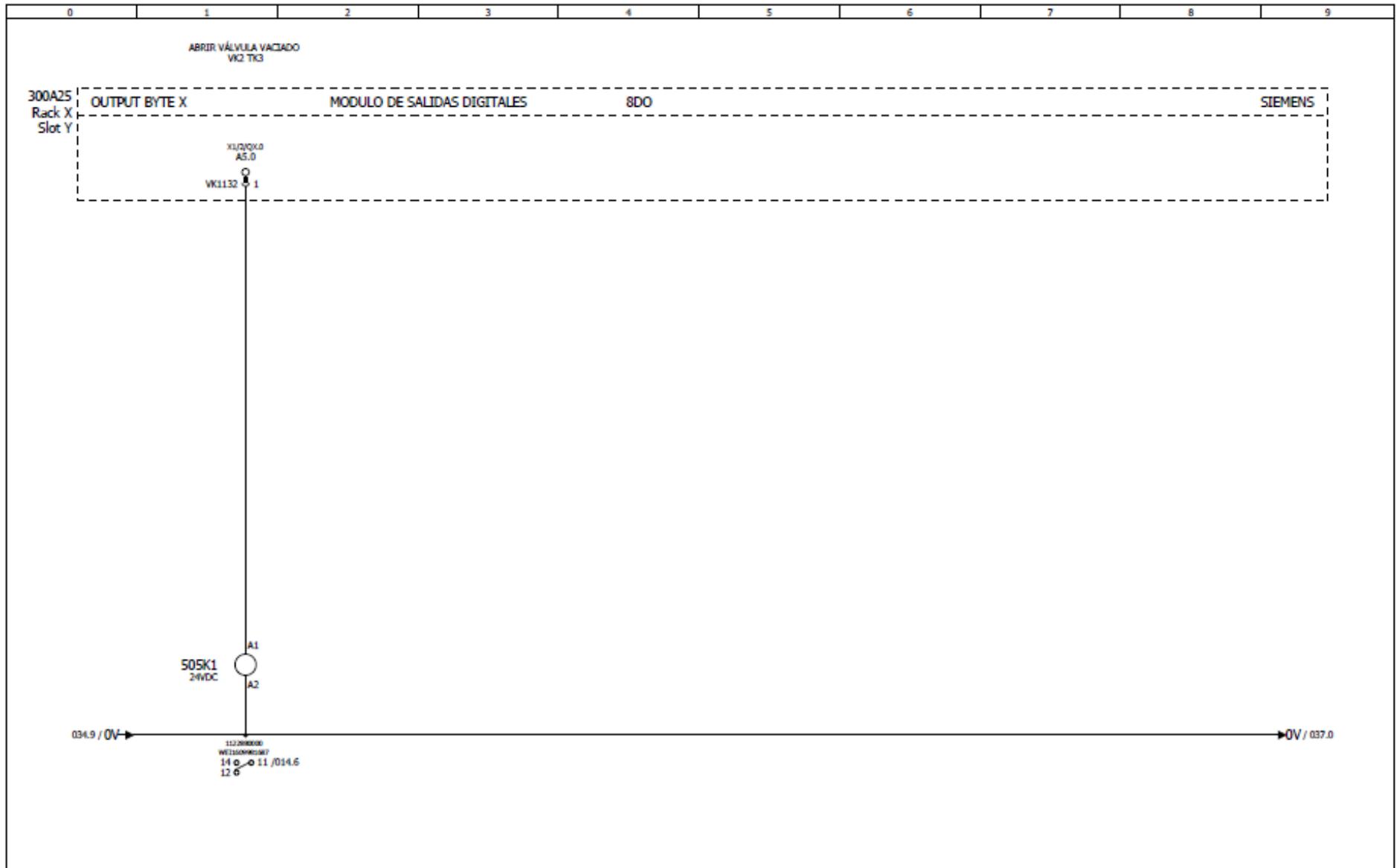




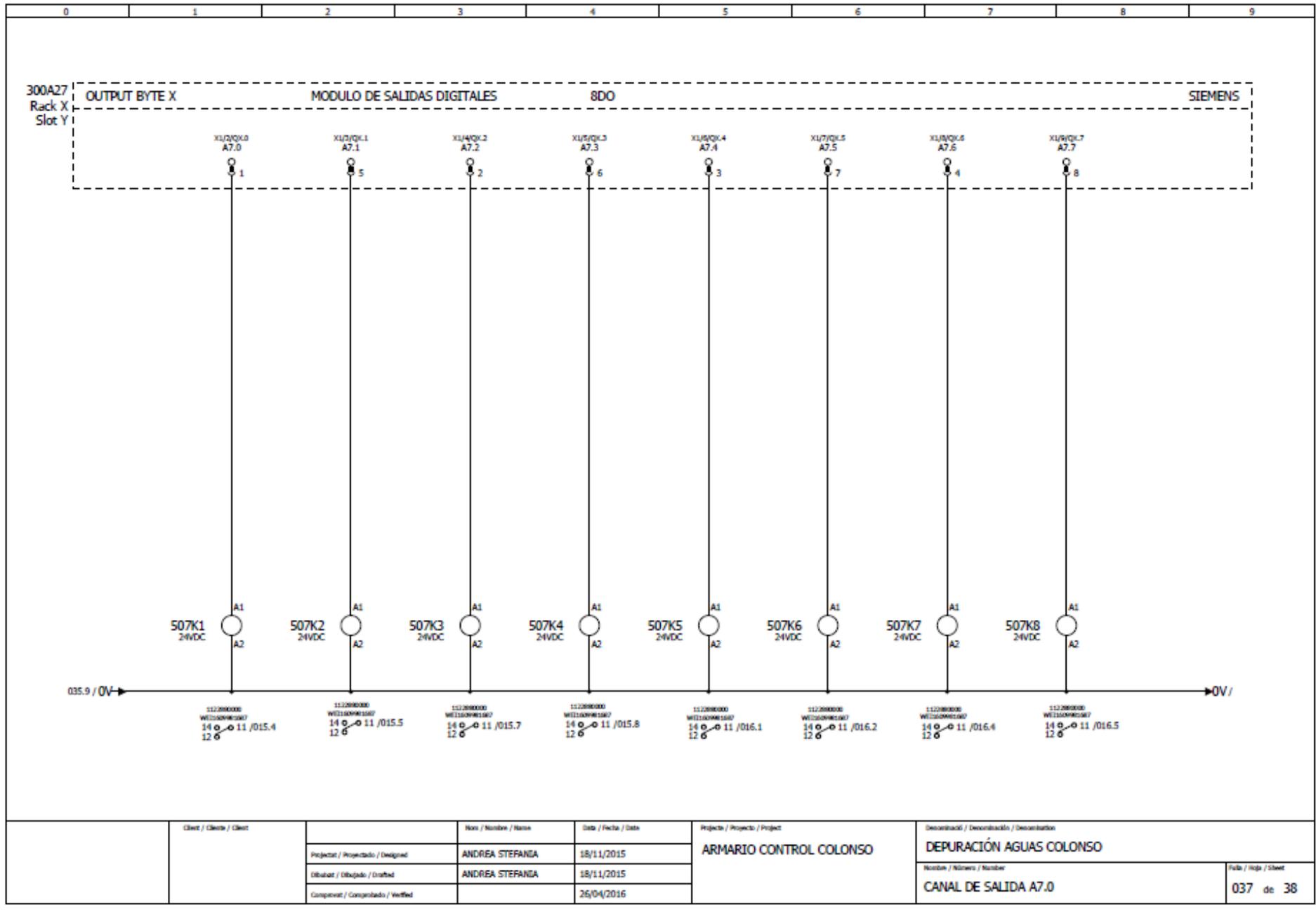




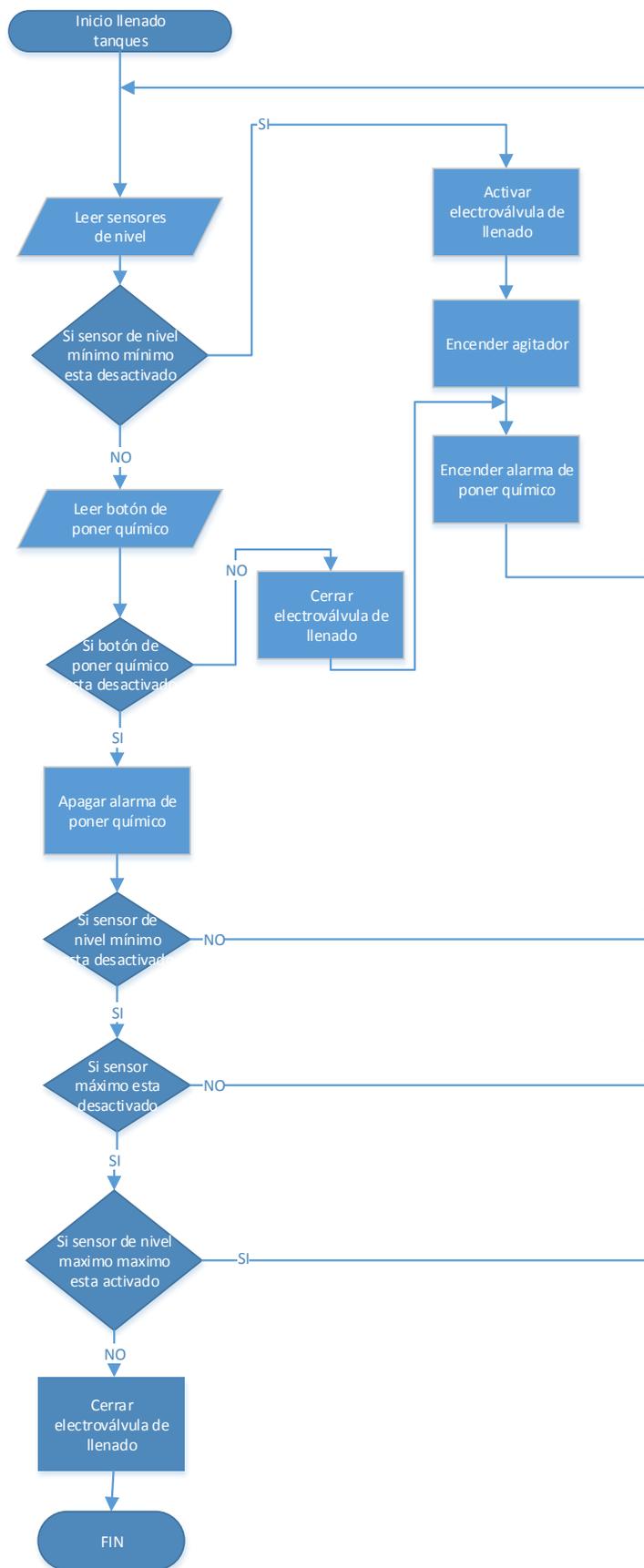
	Client / Cliente / Client		Nome / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Projecto / Proyecto / Project	Descripción / Descripción / Description	
	Projector / Proyecto / Designer		ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
	Dibujant / Dibujado / Drafted		ANDREA STEFANIA	18/11/2015		Nombre / Nombre / Number	Page / Hoja / Sheet
	Comprobat / Comprobado / Verified			26/04/2016		CANAL DE SALIDA A4.0	034 de 38



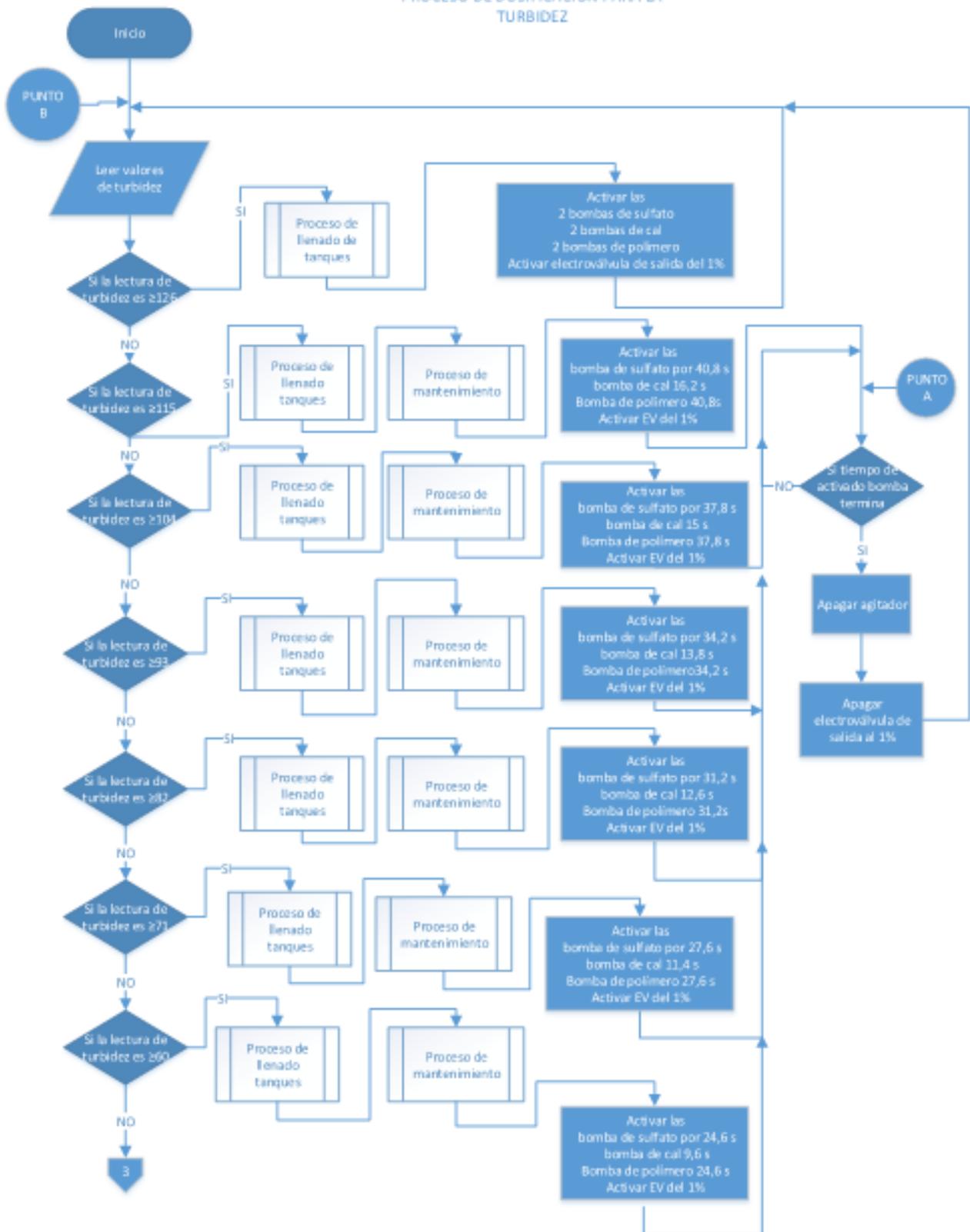
	Client / Cliente / Client		Name / Nombre / Name	Date / Fecha / Date	Project / Proyecto / Project	Description / Descripción / Description	
		Project / Proyecto / Designed	ANDREA STEFANIA	18/11/2015	ARMARIO CONTROL COLONSO	DEPURACIÓN AGUAS COLONSO	
		Drawn / Dibujado / Drafted	ANDREA STEFANIA	18/11/2015		Number / Número / Number	Page / Hoja / Sheet
		Completed / Completado / Verified		26/04/2016		CANAL DE SALIDA AS.0	035 de 38

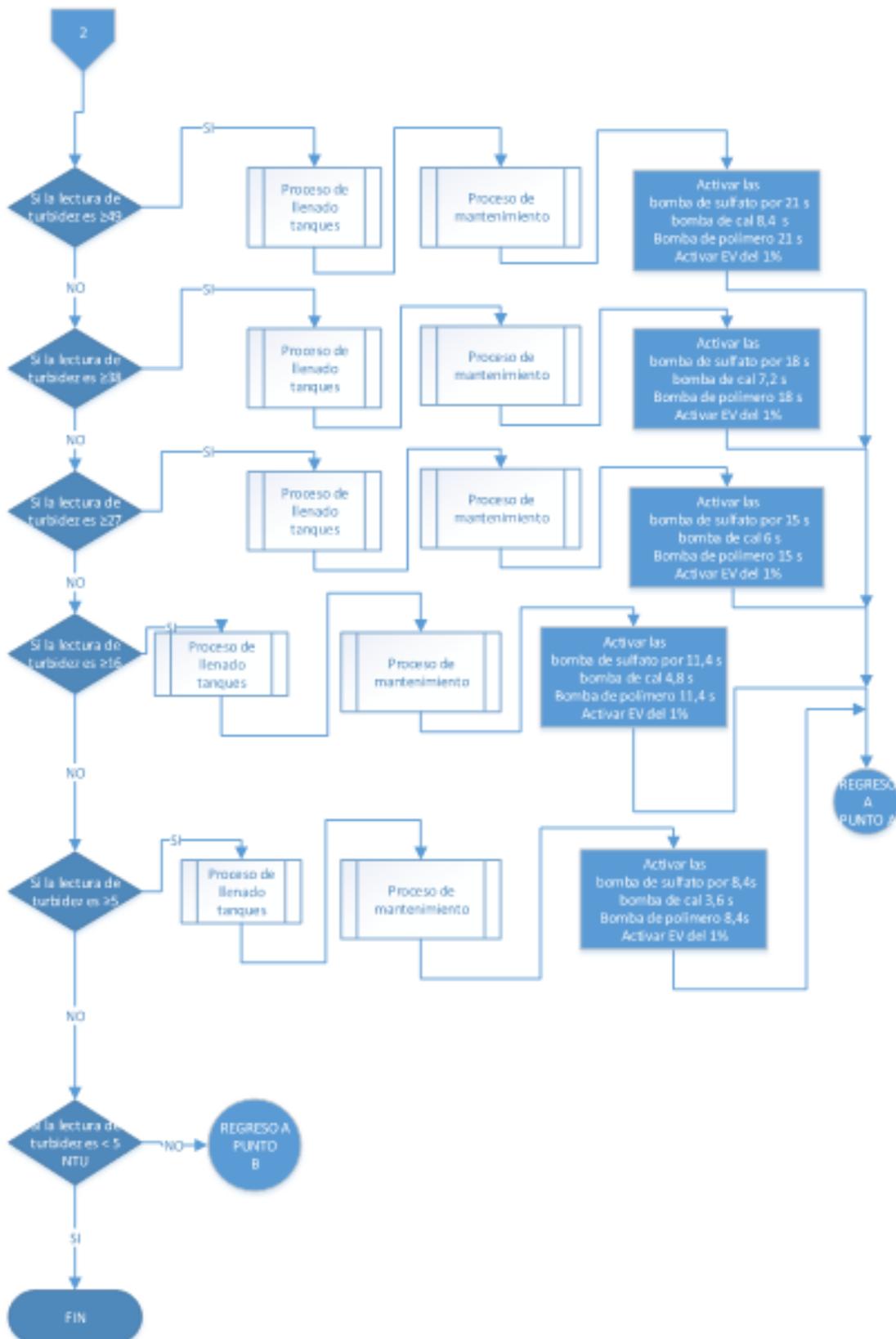


PROCESO LLENADO TANQUES

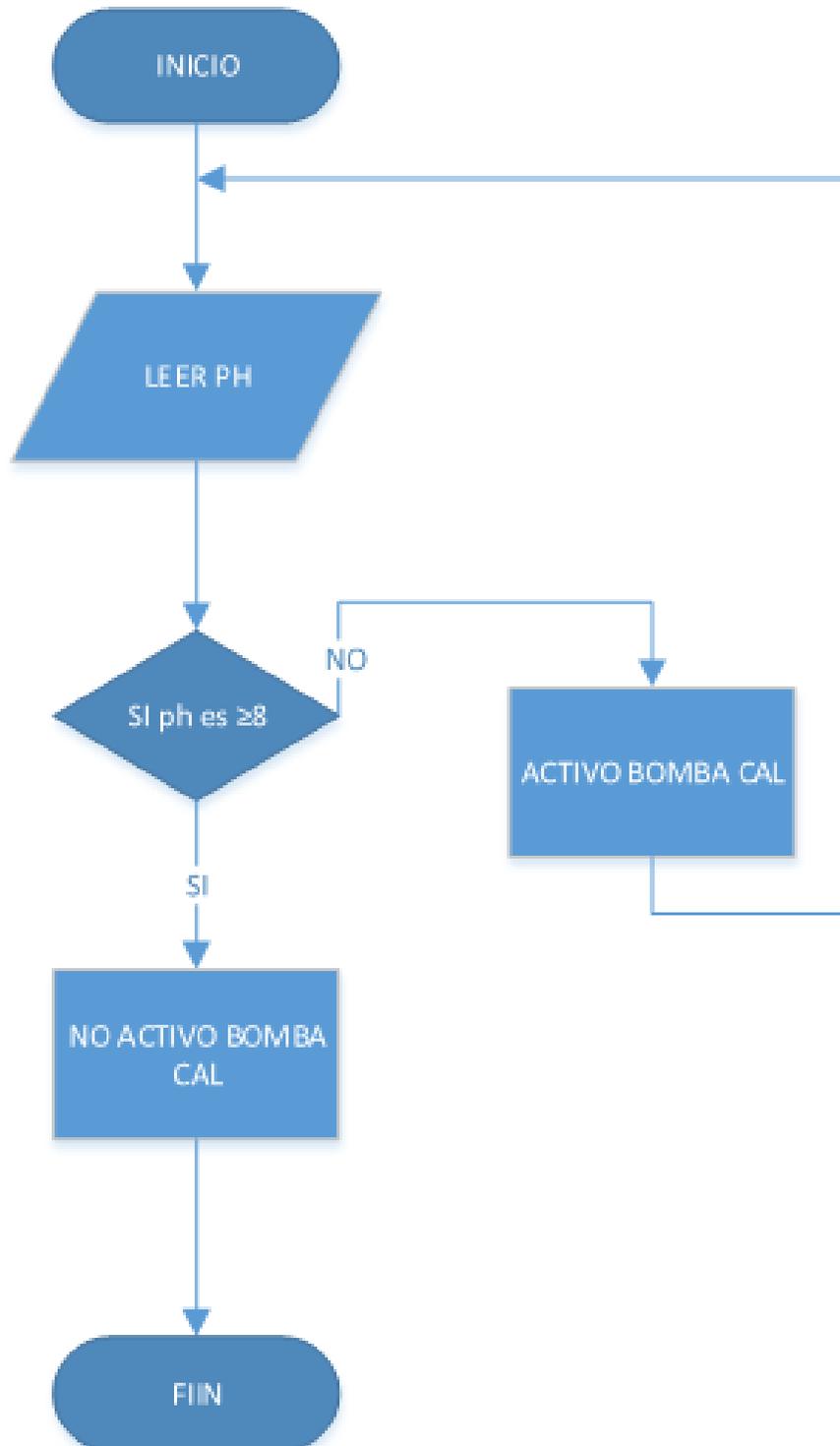


PROCESO DE DOSIFICACION PARA LA TURBIDEZ

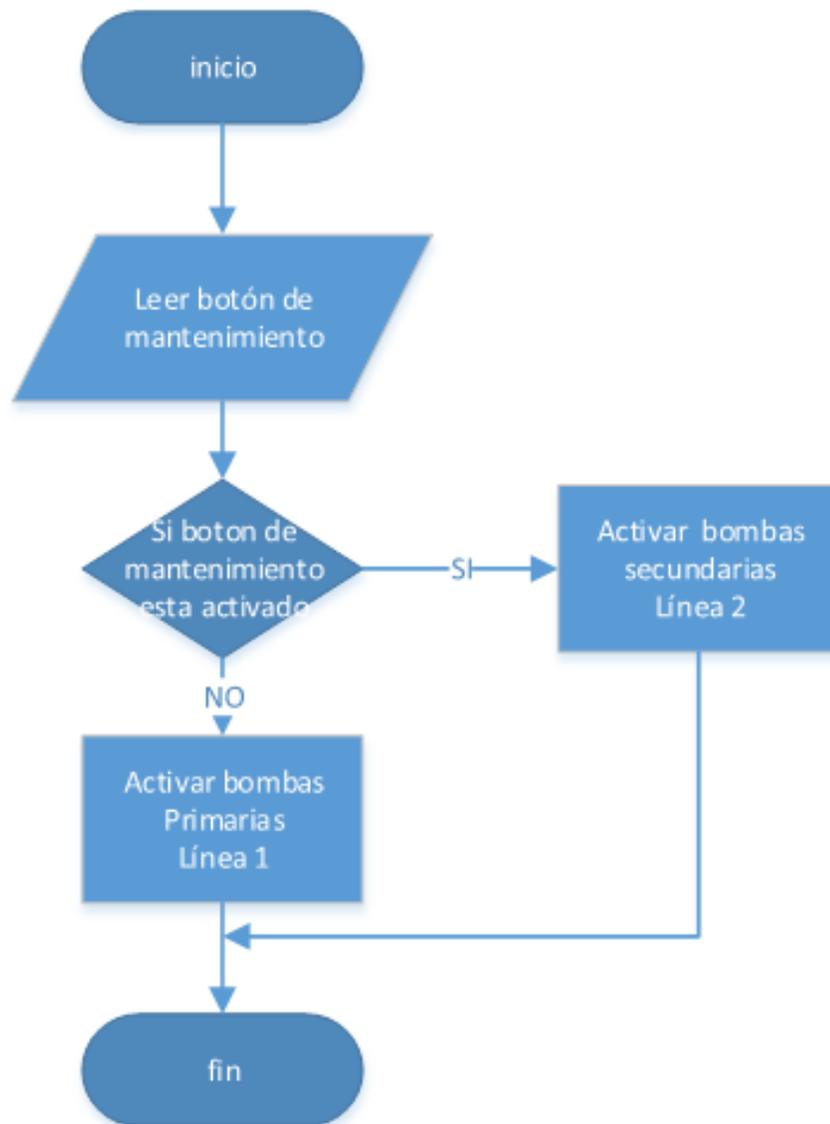




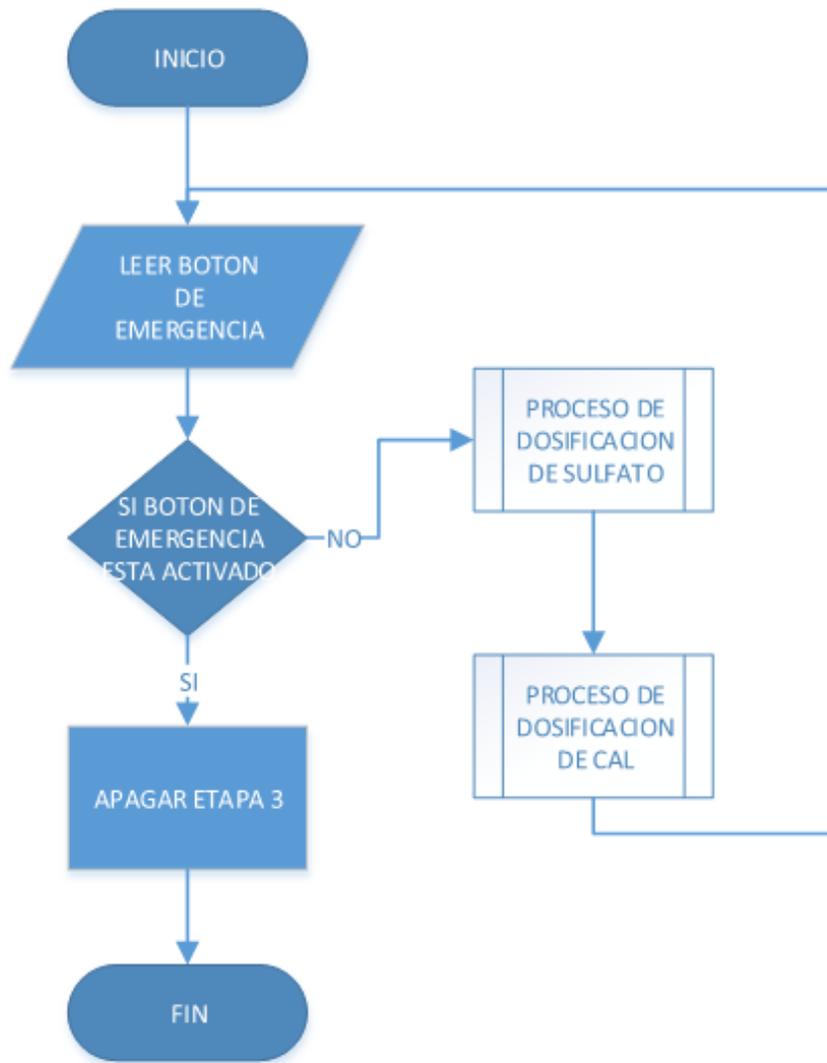
PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE CAL PARA REGULAR EL PH



SELECTOR DE ACTIVACION DE BOMBAS PARA
CADA LÍNEA



PARO DE EMERGENCIA
AREA DE DOSIFICACION DE QUIMICOS



Anexo 5. CHECKLIST

ACTIVIDAD	SI	NO
1.-Revisar que la presión del compresor este entre 5 a 10 bar		
2.-Revisar que los sensores de pH y turbidez no estén sucios		
3.-Revisar que las válvulas manuales estén abiertas		
4.-Revisar que las líneas de dosificación no estén sucias		
5.- Revisar que el multiparamétrico y Caudalímetro estén encendidos		

Nota: En el caso que los ítems 2,3 y 4 estén no realizar el respectivo mantenimiento, solo en el caso que los ítems 1 y/o 5 estén NO llamar al técnico a cargo.