Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Automática y Sistemas Computacionales

TRABAJO DE DIPLOMA

Sustitución del sistema de control para el calentamiento de agua en el hotel Barceló Cayo Santa María.

Autor:

Magdiel Josue Soto Aviles

Tutor:

MsC. Robby Gustabello Cogle

Santa Clara

2011

"Año 53 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Automática y Sistemas Computacionales

TRABAJO DE DIPLOMA

Sustitución del sistema de control para el calentamiento de agua en el hotel Barceló Cayo Santa María.

Autor: Magdiel Josue Soto Aviles

E-mail: msoto@uclv.edu.cu

Tutor: MsC. Robby Gustabello Cogle

Profesor Asistente. Dpto. de Automática.

Facultad de Ingeniería Eléctrica. UCLV.

E-mail: robby@uclv.edu.cu

Consultante: Ing. Liodán Coca Valdivia

E-mail: coca@vc.copextel.com.cu

Santa Clara

2011

"Año 53 de la Revolución"

Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

"El principio de la sabiduría es el temor a Jehová"

Proverbios 1:7a

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada especialmente al Señor Jesucristo por regalarme la salvación y haberme dado el privilegio de ser hecho hijo de Dios. Todo lo que soy se lo debo a él.

A mis padres: Jesús y América por todo el amor, dedicación y sacrificio con que me han guiado y apoyado.

A mis hermanos Meraris, Misael y a mi cuñado Landy por ser tan importantes en mi vida.

A mi novia Ismaray y sus padres Isabelita y Marrero por todo su amor, cariño y apoyo.

A mi familia por estar atentos a mi formación como profesional y como Hombre.

A mis hermanos cristianos por sus constantes oraciones y preocupación por mí.

A todos mis amigos que estuvieron junto a mí durante estos cinco años.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi luz y guía.

Un agradecimiento especial a mis padres y a mis hermanos por todo el apoyo y la comprensión que siempre me han brindado.

A esa novia linda que Dios me ha regalado, por su apoyo incondicional, su comprensión y ayuda durante estos meses, gracias mi amor.

A mi familia que tanto me ha ayudado.

A mis tutores Robby, Vladimir y Liodán por su amistad, atención y apoyo que no me han faltado durante todo este tiempo de trabajo.

A mis amigos(as) que juntos hemos compartido el aula y la Universidad durante estos cinco años de alegrías, tristezas, emociones, sacrificios y esfuerzos, especialmente a Héctor Mateo, Alejandro García ,Yuliet Rodríguez, Humberto Chaviano y Raúl Martínez, entre muchos otros.

A la tropa de COPEXTEL por confiar en nosotros para la realización del trabajo.

Gracias a todos en general, amigos, profesores, familiares que de una forma u otra han contribuido a que yo pueda lograr este sueño. A todos muchísimas gracias.

RESUMEN

Este trabajo forma parte de un proyecto que desarrolla la empresa COPEXTEL de Villa Clara en los hoteles del Cayo Santa María. El mismo tiene como objetivo principal restablecer el control del sistema de generación de agua caliente en el hotel Barceló, conocido también como Estrella1 que se encontraba afectado debido a roturas del autómata encargado de controlar el proceso. La falla en el sistema ocasionó que varios "*Bungalows*" salieran de servicio provocando serias pérdidas económicas al centro. Para darle solución al problema se empleó una nueva tecnología de autómatas la cual es comercializable en nuestro país y garantiza la estabilidad y un adecuado control del sistema. Las variables correspondientes al proceso de obtención de agua caliente fueron incorporadas al sistema "*SCADA*" existente en la entidad, cuestión que anteriormente no se tenía.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO i

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

RESUMEN iv

TABLA DE CONTENIDOS v

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1. Sistemas de Obtención de Agua Caliente. 5

1.1. Calentadores solares. 5

1.2 Controladores Lógicos Programables. 9

1.2.1 El "*PLC*" Masterk120S.....11

1.3 Breve descripción de los sistemas *"SCADA"*.....12

1.3.1 Definición General de *"SCADA"*. 12

1.3.2 La supervisión a través de MOVICON X2.....13

1.4 Conclusiones del capítulo. 16

CAPITULO 2. Sistema de control y automática del hotel Estrella 1. 17

2.1. Sistema automatizado en el hotel Estrella 1. 17

2.2. Descripción funcional del sistema de generación de agua caliente en el hotel Estrella 1. 21

2.3. Implementación propuesta. 29

2.3.1 Algoritmo a incluir en la programación del Masterk120s. 33

3.1. Conclusiones del capítulo. 34

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 35

3.1 Confección del programa. 35

3.1.1 Descripción de las partes principales del programa.....37

3.2 HMI del sistema de automática en el hotel Estrella1.....38

3.2.1 Supervisión del proceso de obtención del agua caliente.....39

3.3 Análisis económico.....42

3.4 Conclusiones del capítulo 44

CONCLUSIONES 45

RECOMENDACIONES.....46

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

ANEXOS 49

Anexo I "*PLC*" DirectLOGIC06.....49

Anexo II "*PLC*" MasterK120S K7M-DR20U y en conjunto con los módulos de expansión G7F- ADHA. 50

Anexo III Módulo de Expansión G7F- ADHA. 51

Anexo IV Paneles solares empleados para la generación de agua caliente. 51

Anexo V Presostato. 52

Anexo VI Bombas empleadas para hacer circular el agua. 52

Anexo VII Intercambiador de placas. 53

Anexo VIII Tanque donde se almacena el agua (con capacidad para 4 600 litros).....53

Anexo IX Direcciones de memoria, marcas, bits empleados y descripción. 54

Anexo X Subrutina 111 (SBRT 00111).....60

Anexo XI Subrutina 113 (SBRT 00113). 62

Anexo XII Subrutina 114 (SBRT 00114). 63

Anexo XIII Incremento de los contadores de tiempo de trabajo. 64

Anexo XIV Conexión secuenciada para cada dispositivo. 65

Anexo XV Manejo de bombas y resistencia eléctricas.....66

INTRODUCCIÓN

La energía procedente del sol se utiliza para múltiples propósitos. Uno de ellos es la obtención de agua caliente mediante colectores solares. En sus inicios estos dispositivos eran muy rústicos y con deficiencias, pero fueron perfeccionándose y propagándose rápidamente, logrando que en la actualidad su empleo se haya generalizado en el mundo entero. Hoy, millones de hogares cuentan con calentadores solares en zonas remotas donde no hay conexión a una red de distribución pública. Este sistema también es empleado en hospitales, colegios, fábricas, hoteles, industrias, climatización de piscinas y hasta en el secado de productos agrícolas. (Espí 2006; Sotpra 2007)

Sería irracional no intentar aprovechar por todos los medios técnicamente posibles esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, con el objetivo de ir eliminando la dependencia del petróleo o de otras fuentes alternativas poco seguras, contaminantes o simplemente agotables; con el fin de obtener agua caliente. (Sotpra 2007)

En el territorio cubano la radiación solar es casi igual en todo el país puesto que la diferencia de temperatura en latitud desde el lugar más al norte hasta el más al sur es de sólo 3ºC. Esto hace que la energía solar sea utilizable en todo el país durante todo el año con un valor medio de más de 5 kW/m^2 al día. En Cuba esta fuente de energía está siendo muy aprovechada en las zonas turísticas para la obtención de agua caliente ya que en estas instalaciones se hace imperioso el ahorro de energía, algunos ejemplos son: el Cayo Sabinal, punta de Maisí, Cayo Coco, Cayo Guillermo y Cayo Santa María. (Turrini 2006)

En el sector hotelero la obtención de agua caliente tiene formas diversas porque generalmente estos sistemas son implementados con otras técnicas de respaldo que utilizan otras fuentes de energía, las cuales pueden ser: eléctrica, a base de gas entre otras. Estos métodos se aplican para garantizar una mayor eficiencia en la generación de agua caliente, y han ido obteniendo gran popularidad en esta esfera. En conjunto con estos sistemas se emplean dispositivos para garantizar el control del proceso y la temperatura del agua. Uno

de los más empleados son los "*PLC*[1]*s*" por los resultados tangibles que se han obtenido a través de ellos en procesos como este. (Coca 2011).

Estrella 1 es una entidad turística de alto nivel ubicada en Cayo Santa María, municipio Caibarién, provincia Villa Clara, la cual tiene 21 Edificios Habitacionales conocidos también como "*Bungalows*"; cada uno con 60 habitaciones. Este hotel, al igual que los demás aledaños a él, son altos consumidores de energía eléctrica y por la necesidad que existe de ahorrar se instalaron calentadores solares en todos los Edificios Habitacionales de la entidad para la generación de agua caliente. Un sistema de calentamiento de agua está conformado por todas las tuberías, bombas, sistemas de control, llaves de paso, y accesorios con las que cuente el calentador solar. Para el control de este sistema en el hotel Estrella1 se empleó el autómata estadounidense DirectLOGIC06 (ver anexo I), dispositivo que comenzó a presentar roturas imposibles de enmendar al no poderse adquirir repuesto para el mismo, entre otras razones, producto al bloqueo impuesto por los Estados Unidos a nuestro país. Ante tal situación la dirección del hotel solicitó a la empresa COPEXTEL de Villa Clara una solución inmediata al problema (debido a la existencia de varios Edificios Habitacionales fuera de servicio por este motivo) de forma tal que se garantizara la fiabilidad y estabilidad del sistema sustituyendo la tecnología de "*PLC*" empleada por una que fuese comercializable en nuestro país. El problema abordado nos conduce a la siguiente interrogante científica: ¿Cómo garantizar la generación de agua caliente en el Hotel Estrella 1, sustituyendo la tecnología de "*PLC*" instalada, por una que se comercialice en nuestro país, y responda a las necesidades de la entidad?

Para dar respuesta a la interrogante planteada se trazó como objetivo principal: reemplazar el sistema de control para el calentamiento de agua en el hotel Barceló Cayo Santa María empleando el "*PLC*" Masterk120S. (Ver anexo II).

Para el cumplimiento de este objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos:

---

[1] PLC: Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés.

- Realizar un estudio del proceso de generación de agua caliente.
- Realizar un estudio del sistema de control empleado en el proceso.
- Hacer ingeniería inversa al programa del "*PLC*" DIRECTLOGIC 06, que controla la producción de agua caliente.
- Programar el "*PLC*" Masterk120s para garantizar el control de la producción de agua caliente.
- Incorporar las variables correspondientes a este proceso al sistema "*SCADA*[2]" existente en el hotel

Para el trabajo a desarrollar se cuenta con el programa que contenía el autómata anterior, todos los esquemas, documentación necesaria para entender el proceso y la nueva tecnología de "*PLC*" a emplear.

Con este trabajo se espera solucionar el problema existente en el hotel Estrella 1 y el mismo será tomado como memoria por COPEXTEL para futuras labores en la entidad.

El presente informe se estructura en tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos:

En el primer capítulo se exponen los aspectos fundamentales de los sistemas de generación de agua caliente, sistemas de control a base de "*PLC*", elementos básicos de programación de los mismos, y una breve descripción de los sistemas "*SCADA*", basándonos en el software MOVICON X2.

En el capítulo dos se muestra la arquitectura del sistema automatizado existente en el hotel y las conexiones de las pizarras de automática destinadas al control de las variables que se supervisan en la entidad. Se hace una descripción del proceso de generación de agua caliente, del sistema de control empleado anteriormente con todo lo que incluye este, se consideran las variables del proceso necesarias a controlar, las modificaciones realizadas en las en las pizarras de automática y el diagrama de flujo necesario para programar el autómata Masterk120s.

---

[2] SCADA: Control Supervisor y Adquisición de Datos, por sus siglas en inglés.

En la tercera sección se muestran los resultados obtenidos del trabajo desarrollado y se hace una breve explicación del programa realizado. Se exponen las modificaciones efectuadas en las pantallas del sistema *"SCADA"* para incorporar las variables correspondientes al proceso de generación de agua caliente. Por último se realiza el análisis económico que respalda el proyecto.

CAPÍTULO 1. Sistemas de Obtención de Agua Caliente.

En el presente capítulo se exponen aspectos fundamentales acerca de los sistemas de generación de agua caliente; se abordan temas relacionados con el funcionamiento y elementos básicos de programación de los *"PLC"* tomando como base el Masterk120s y por último se realiza una breve descripción de los sistemas *"SCADA"* centrándonos en el software MOVICON X2.

1.1. Calentadores solares.

¿Qué es un calentador solar?

Es un sistema que calienta agua solo con la energía proveniente del sol sin consumir gas o electricidad.

La idea de utilizar el calor solar es muy antigua, pero el bajo nivel técnico que poseía el hombre le impidió usarla de forma efectiva durante mucho tiempo. No fue hasta el siglo XVIII, cuando comenzó a experimentarse con hornos solares pero ya en el siglo XIX se confeccionaron calentadores solares como tal. Todo esto se produjo debido a la necesidad que tuvo el ser humano en sus alojamientos de cantidades de energía para obtener agua caliente y calefacción. Un modo seguro, fácil y barato de calentar agua fue descubierto: el depósito metálico pintado de negro el cual se colocaba donde daba más el sol y menos la sombra. Tales fueron los primeros calentadores solares de agua. Según uno de sus primeros usuarios, a veces "el agua se calentaba tanto que resultaba necesario añadir fría para poder tomar un baño"(Espí 2006).

El problema con estos calentadores solares no era su capacidad de producir agua caliente, sino el cuándo y durante cuánto tiempo. Un problema evidente quedaba por solucionar:

tener agua caliente durante la noche y a primera hora de la mañana. Estos inconvenientes de los métodos populares de calefacción solar llamaron la atención de los inventores a finales del siglo XIX, floreciendo así empresas rentables dedicadas a la instalación de aparatos solares domésticos (Espí 2006).

En los inicios del siglo XX aumentó el interés respecto al tema, registrándose numerosas patentes para calentadores solares de agua durante los años 30 y 40. A finales de los años treinta el empleo de esta técnica solar se extendió a las Islas del Caribe, Puerto Rico, América Central y Cuba. En la actualidad, el uso de colectores solares para obtención de agua caliente, se encuentra generalizado en todo el mundo, donde millones de hogares cuentan con esta técnica (Espí 2006).

El calentador solar consta de tres partes principales (Bérriz 2008; Conae 2009):

1. **El colector solar plano**: también llamado captador solar o panel termo solar. Es el componente encargado de capturar la energía del sol para luego transferirla directamente al agua. El mismo se ilustra en la figura 1.1

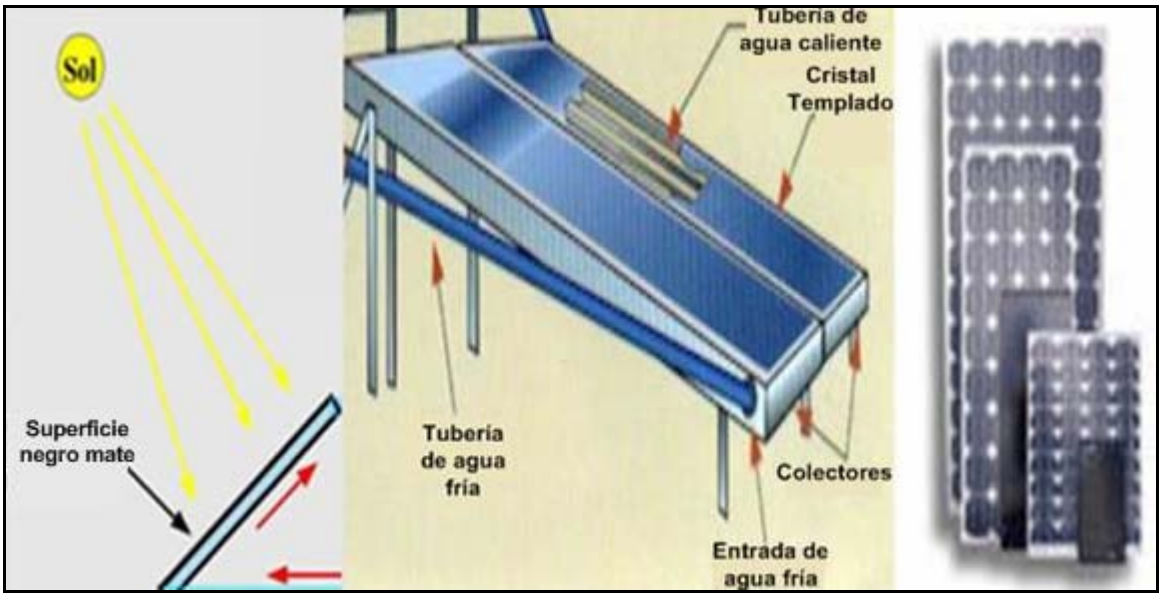


Figura 1. 1: Colector Solar Plano

Consiste en un arreglo de tuberías o conductos por donde fluye el agua. El arreglo puede estar pintado de negro mate o cubierto con pinturas selectivas como el cromo negro para

evitar reflejar la luz y así lograr una mayor absorción de calor. El colector suele estar contenido en una caja con paredes externas resistentes a la intemperie y con paredes internas dotadas de aislamiento térmico. La parte superior lleva uno o varios vidrios o materiales transparentes capaces de dejar pasar la luz y proteger de la intemperie, utilizados para generar efecto invernadero dentro el colector.

Los colectores se pueden clasificar en dependencia del rango de temperatura de trabajo en (Theme 2009):

a) Colectores de baja temperatura de trabajo (alcanza un máximo de 50ºC)
b) Colectores de media temperatura (alcanza un máximo de 90ºC)
c) Colector de alta temperatura (hasta 150ºC como máximo)

2. El termo tanque: Es donde se almacena el agua una vez que la misma está caliente. En el momento de requerirse agua caliente (color rojo) para el consumo, se extrae del tanque y se rellena con agua fría (color azul) como se muestra en la figura 1.2.

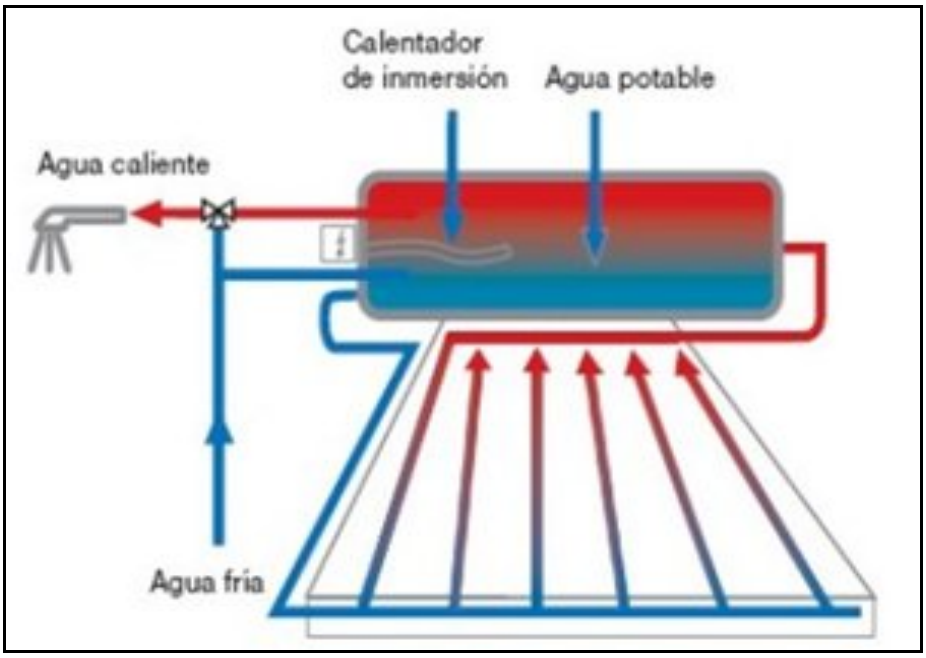


Figura 1. 2: Termo Tanque y Sistemas de Tuberías en un Calentador solar.

El tanque se encuentra aislado térmicamente para evitar pérdidas y mantener caliente el agua por más tiempo. En entidades como por ejemplo los hoteles donde se necesita grandes cantidades de agua caliente se emplea un tanque grande o contenedor al que se suele

incorporar calentadores eléctricos de apoyo para que se activen en caso de no alcanzarse la temperatura deseada.

3. **Sistemas de tuberías**: Es por donde circula el agua. En el colector plano, se disponen dos tubos horizontales y se conectan con varios tubos verticales. El arreglo de tubos se coloca horizontalmente sobre el suelo, con una inclinación específica dependiendo de la localidad terrestre. El agua fría entra por uno de los extremos del tubo horizontal más bajo y a medida que se va calentando sube por todos los tubos verticales y sale caliente por el extremo contrario del tubo horizontal más alto como se muestra en la (figura 1.2)

Funcionamiento de los sistemas de obtención de gua caliente:

El colector recibe la luz solar y calienta el agua que está dentro de él, esta al volverse más ligera por el aumento de temperatura, es empujada por agua fría (más pesada) proveniente del termo de almacenamiento, estableciéndose una circulación de agua entre el termo y el colector, llamada termosifón.

De acuerdo con su funcionamiento los calentadores solares se clasifican en dos tipos (Bérriz 2008):

1. Activos: cuando se utilizan bombas o algún tipo de energía externa para mover el agua dentro de su ciclo.

2. Pasivos: cuando no requieren de energía externa para funcionar. Utilizan el principio de convección para mover el agua dentro del sistema.

Existen dos formas de hacer circular el agua para enviarla al consumo (Bérriz 2008; Conae 2009)

1. Circulación directa: Es cuando el agua que se calentó en el colector se utiliza directamente por el usuario.
2. Circulación indirecta: Es cuando el agua calentada en el panel solar (fluido del sistema), se envía a un intercambiador de calor. En este caso existen dos circuitos: uno con agua potable (fluido destinado al consumo) y otro con fluido calo portador (fluido del sistema), que generalmente es agua. Los dos circuitos se ceden energía mediante el

intercambiador de calor. El intercambiador utiliza el mismo principio de un radiador, ya que los dos fluidos pasan por el pero por conductos diferentes (sin mezclarse). En este sistema, el agua potable que va al consumo no pasa por el colector, sino únicamente por el intercambiador y luego se almacena en el contenedor que aloja calentadores eléctricos de apoyo que se activan en caso de no alcanzarse la temperatura deseada.

Mediante estos sistemas en días soleados se pueden obtener valores de 50 a 150°C en dependencia del rango de temperatura de trabajo del colector. También aprovechan la radiación solar difusa cuando el cielo está medio nublado captando energía. Los calentadores solares proporcionan un ahorro significativo de combustible o electricidad para el calentamiento convencional del agua. Además evita que se produzcan ruidos, escapes, olores; tres problemas muy comunes en otros sistemas. Esta es una opción ecológica y muy higiénica, lo que redobla todos los beneficios que ya trae consigo (MAQUINARIApro 2010).

En nuestro país estas técnicas han sido incorporadas de forma general en las entidades turísticas ubicadas en el Cayo Santa María, donde han resultado de gran importancia por los grandes beneficios que se han obtenido en cuanto al ahorro de energía. Este sistema incluye el empleo de autómatas para el control del mismo, mediante los cuales se logra un eficiente desempeño ya que se garantiza la estabilidad, protección y eficiencia del proceso. Es ventajoso que este sistema también sea supervisado dado la posibilidad que tienen dichas entidades de contar con un sistema "*SCADA*" el cual es empleado para conocer el estado de: alumbrados; ventiladores; extractores, cámaras frías, etc. en el hotel (Coca 2011).

1.2 Controladores Lógicos Programables.

Los "*PLC*" surgieron como alternativa a los sistemas de control basados en cableados de relés por la necesidad de eliminar el alto costo que producía el reemplazar al complejo sistema de control basado en relés y contactores, que caracterizaban los procesos industriales hasta ese momento. Los autómatas se utilizaron por primera vez en la industria en la década del 60 y hoy en día continúa su acelerado desarrollo. Aunque los circuitos integrados y la lógica interna del "*PLC*" han sustituido a los componentes discretos, relés,

contadores, temporizadores, etc., y opera como si estos componentes permanecieran allí, el control es mucho más flexible y aporta además un grado más elevado en cuanto a fiabilidad se refiere (Alemán 2010).

El "*PLC*" dispone de un área de memoria, la cual se emplea para diversas funciones (Alemán 2010):

- Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria interna: contiene datos intermedios de los cálculos realizados así como variables internas y una imagen de las entradas y salidas.
- Memoria de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en el código de la máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómata. (No accesible para el usuario)
- Memoria auxiliar: se trata de memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario y en ciertos casos, parte de la memoria de la tabla de datos.

El "*PLC*" presenta una unidad de toma de decisiones conocida como: "*CPU*[3]". La misma toma decisiones basadas en las instrucciones sostenidas en su memoria de programa, realiza conmutación, conteo, temporización, comparación de datos y operaciones secuenciales. Es conocido como el corazón del autómata programable. En la figura 1.3 se presenta la "*CPU*".

[3] CPU: Unidad Central de Procesamiento, por sus siglas en inglés.

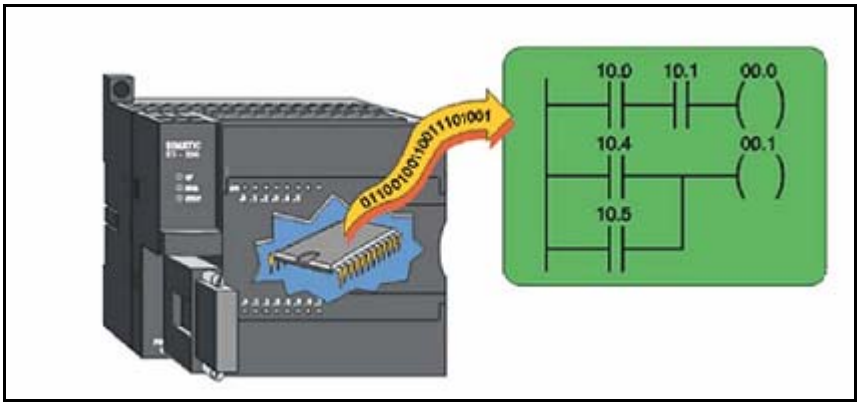


Figura 1. 3: CPU de un "*PLC*".

Los "*PLC*" generalmente disponen de dos tipos de Entrada/Salida: Digital y Analógica. Las entradas y salidas digitales se basan en el principio de todo o nada. Estas entradas/salidas se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario. Pueden ser de tipo relé o de tipo diodo. Las entradas/salidas analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en conversores A/D y D/A aislados de la "*CPU*" (óptimamente o por etapa de potencia)). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario. Las entradas/salidas son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir, pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de entradas/salidas(Alemán 2010).

El "*PLC*" es un dispositivo que puede ser empleado de forma independiente o en conjunción con un "*SCADA*" u otro sistema (AUTÓMATAS 2006).

De forma general podemos decir que se trata de un sistema con un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente de transductores y otros periféricos electrónicos) y programable por el usuario, diseñada para controlar, en tiempo real y en medio industrial, procesos secuenciales (Bayon 2005).

1.2.1 El "*PLC*" Masterk120S.

La serie Masterk120S es extremadamente compacta, con una alta gama y rango de aplicación. Este "*PLC*" posee una alta velocidad de procesamiento con un procesador de propósito general incluido y se programa empleando el software KGLWIN. Este autómata ha sido probado en múltiples aplicaciones de automática en Cuba, en condiciones de

trabajo difícil, ambiente agresivo y de elevada humedad obteniéndose excelentes resultados. Desde el año 2000 COPEXTEL es distribuidora en Cuba de Autómatas LG ahora (LS) en Sistemas Industriales y realiza las compras directas en fábrica con facilidades preferenciales. Mantiene un stock en el país y en la División, en Villa Clara, que permite responder de manera rápida y oportuna a cualquier necesidad. En la tabla 1.1 se muestran los puntos de entrada/salida de todos los autómatas que conforman esta serie (Alemán 2010).

Tabla 1.1. Especificaciones del Masterk120S (LG 2008).

Modelos	Puntos de entrada	Puntos de salida	Potencia
K7M-DR20U	12 entradas(24VDC)	8 Relés	85-264 VCA
K7M-DR30U	18 entradas(24VDC)	12 Relés	85-264 VCA
K7M-DR40U	24 entradas (24VDC)	16 Relés	85-264 VCA
K7M-DR60U	36 entradas(24VDC)	24 Relés	85-264 VCA

En el hotel Estrella 1 están instalados actualmente 29 *"PLC"* de este tipo con excelentes resultados en dos años de explotación del mismo y es interés de la dirección del hotel mantener esta misma línea de equipamiento, ya que COPEXTEL cuenta con personal capacitado, entrenado, con una amplia experiencia en el trabajo y programación de estos autómatas y ante una falla se da garantía resolver tal situación en menos de 72 horas. (Coca 2011).

1.3 Breve descripción de los sistemas *"SCADA"*.

1.3.1 Definición General de *"SCADA"*.

"SCADA" es un acrónimo por "*Supervisory Control And Data Acquisition*" (Control Supervisor y Adquisición de Datos). Estos sistemas utilizan las potencialidades de las computadoras y las tecnologías de la comunicación para automatizar el monitoreo y el control de procesos industriales. Se encuentran presentes en la mayoría de los procesos industriales modernos, ya que pueden recolectar la información de varios lugares distantes

muy rápidamente, y presentarla a un operador de una forma entendible y amigable. Los sistemas *"SCADA"* mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales rápidas (Díaz 2010).

Los sistemas *"SCADA"* permiten conocer el estado de una instalación, centralizando la información de los emplazamientos remotos en uno o varios puestos de control. Los equipos de control situados en las estaciones analizan los parámetros más importantes recogiendo los valores aportados por los diferentes sensores. Cuando se identifica una situación de alerta estos equipos realizan la operación adecuada y advierten del mismo al puesto de control, desde donde se procesa la información y se genera de forma automática la señal de mando apropiada. También proveen toda esta información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros niveles superiores dentro de la empresa (supervisión, control de la calidad, control de producción, almacenamiento de datos...). Además, permiten desde la pantalla del ordenador supervisar y controlar el proceso de forma automática, a través de la comunicación con los dispositivos de campo y controladores autónomos (Castellanos 2008; Pascual 2009).

El corazón de un sistema *"SCADA"* está en el "*Software SCADA*", que es el encargado de supervisar y controlar el proceso a través del Hardware de control. Generalmente el software *"SCADA"* trabaja conjuntamente con un *"PLC"* o una red de *"PLC"*. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del *"PLC"* , controlador o sistema de control (Díaz 2010).

1.3.2 La supervisión a través de MOVICON X2.

MOVICON es una plataforma software *"SCADA/HMI*[4]*"* basada en tecnologías de avanzada. Permite crear potentes y compactos sistemas de visualización de Interfaz Hombre Máquina. Gracias al mismo, el panel de operador se convierte en una pequeña estación *"SCADA"* ofreciendo independencia del hardware, conectividad con los sistemas superiores de información incrementando la potencia de la máquina (Díaz 2010).

[4] HMI: Interfaz Hombre Máquina, por sus siglas en inglés.

En el mundo de la automatización industrial existe un gran número de aplicaciones diseñadas para la supervisión y control de procesos entre los que se pueden nombrar LabView de National Instrument; WinnCC de la Siemens y SYSMAC SCS de OMROM (AMBROSE 2004; AUTÓMATAS 2006).

La compañía italiana Progea, que se dedica a la producción de software para la automatización, es el proveedor de MOVICON (Monitoreo, Visión Y Control), software utilizado por las compañías dedicadas a la automatización y control de procesos y edificios inteligentes. Durante más de diez años, MOVICON ha sido el punto de referencia en tecnologías de software para automatización, manteniendo los conceptos de simplicidad, potencia y funcionando siempre como sistema abierto. Luego de varios años de utilización y contantes mejoras, es hoy una aplicación con un gran prestigio internacional y amplio uso. En nuestro país lo comercializa la empresa COPEXTEL (Díaz 2010).

Características de MOVICON X2 (AMBROSE 2004; Coca 2007; Pascual 2009):

- Trabaja para sistemas operativos desde Win2000 hasta WinCE.
- Es un sistema cliente servidor de 32 bits.
- Contiene una amplia biblioteca de símbolos, objetos y gráficos.
- Programación en Basic Script que es 100% compatible con VBA (Visual Basic for Aplicattion).
- Contiene editores de menú y cajas de diálogos.
- Tiene un Administrador de Alarmas.
- Soporte de tecnología ActiveX.
- Soporte de OLE2, ODBC, DDE, DAO/ADO, SQL, Y OPC.
- Red de Cliente/Servidor de TCP/IP.
- Objetos PID integrados.
- Integra gráficos y hoja de trabajo.
- Administración de estadísticas de evento o producción.
- Posibilidad de usar lenguaje de *"PLC"* en las lógicas que dispone.

La tecnología MOVICON no se degrada en funcionamiento cuando se aumenta el número de variables porque ellos son mapeados directamente sin que se acceda a la base de datos durante el tiempo de ejecución. Así es como se pueden implementar proyectos con una gran cantidad de datos sin que afecte la eficiencia y funcionamiento del programa. En MOVICON, existe la posibilidad de que las variables puedan considerar retentiva para mantener su estado, en el caso de que la PC donde se está ejecutando el *"SCADA"* haya sido apagada. Las variables pueden ser de tipo bit, bytes, Word, double, float y array. El modo de comunicación estándar es OPC[5], la cual es una potente interfaz de automatización para aplicaciones Windows (Coca 2007).

MOVICON ofrece una amplia biblioteca de símbolos y objetos los cuales manipulados correctamente permiten la creación de casi cualquier ambiente gráfico, además posibilita insertar imágenes creadas con otros editores de imágenes como Paint o Photoshop. Los objetos y símbolos contienen una ventana de propiedades mediante la cual se programan las acciones que llevarán a cabo los mismos, si estas propiedades no fueran suficientes, el software ofrece una interfaz a Basic Script VBA, suministrando al programador eventos, métodos, propiedades y la libertad de desarrollar sus propias ideas. Con este fin también brinda la ventana IL Logic, la cual utiliza un lenguaje lógico similar a los utilizados en la programación de *"PLC"*. De esta manera el usuario puede implementar cualquier tipo de objeto gráfico a través de la manipulación de las funciones. En la figura 1.4 se observa un ejemplo de la biblioteca de símbolos y objetos que ofrece MOVICON.

[5] OPC: "OLE for Process Control", donde OLE se refiere al término de Windows: "Object Linking and Embedding", una potente interfaz de automatización para aplicaciones Windows.

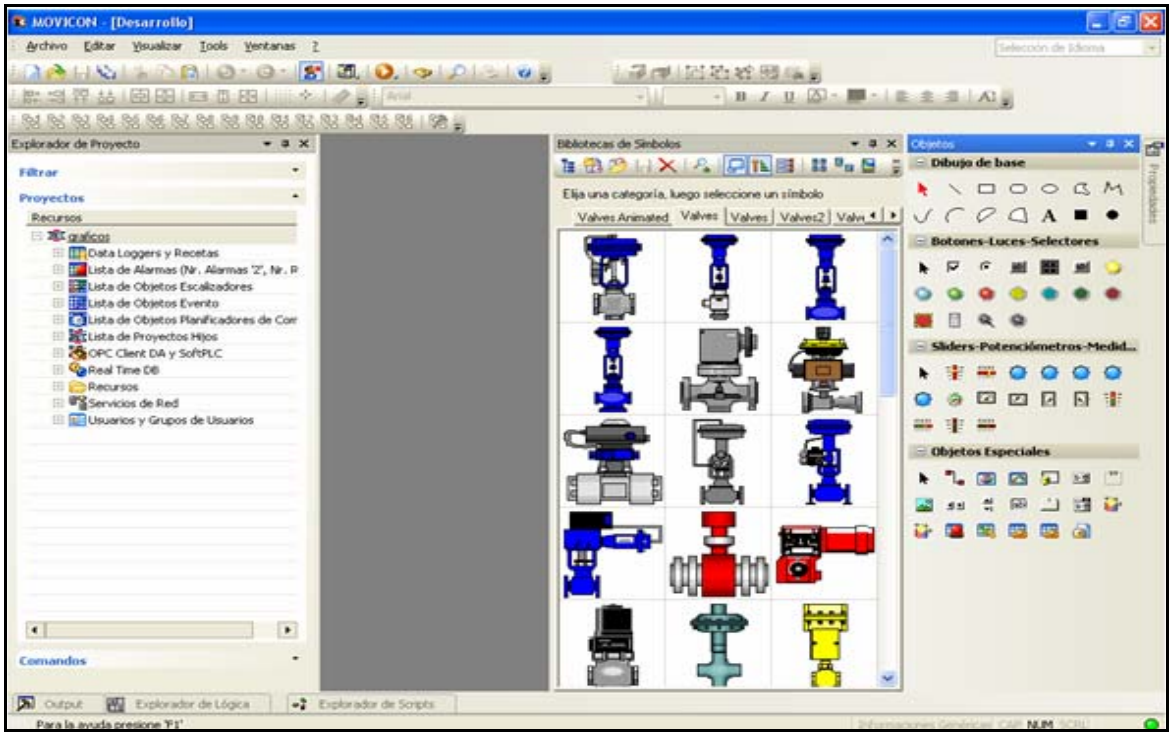


Figura 1. 4: Biblioteca de símbolos y objetos de MOVICON X2.

MOVICON permite la adquisición de datos a través de su comunicación con el "*PLC*", red y bus de campo así como la configuración de herramientas y sensores. Los datos adquiridos son coleccionados dentro de una base de datos de tiempo real (RTDB) estando disponibles para todos los objetos y recursos para la creación de pantallas de visualización, alarmas, reportes, gráficos, etc. (BENAVIDES 2007).

1.4 Conclusiones del capítulo.

1. Los calentadores solares son imprescindibles para el ahorro de energía eléctrica y combustible en la obtención de agua caliente.

2. Los "*PLC*" son dispositivos de altas prestaciones y pueden ser aprovechados para controlar sistemas de generación de agua caliente.

3. Mediante el empleo del software MOVICON se puede realizar una correcta supervisión de las variables correspondientes al proceso de obtención de agua caliente.

CAPITULO 2. Sistema de control y automática del hotel Estrella 1.

En el presente capítulo se muestra la arquitectura del sistema automatizado existente en el hotel y las conexiones de las pizarras de automática destinadas al control de las variables que se supervisan en la entidad. Se hace una descripción del proceso de generación de agua caliente, del sistema de control empleado anteriormente con todo lo que incluye este y se consideran las variables necesarias a controlar. Luego se exponen las propuestas realizadas y la implementación efectuada para incorporar este sistema al nuevo autómata Masterk120s.

2.1. Sistema automatizado en el hotel Estrella 1.

La arquitectura del sistema automatizado existente en el hotel Estrella1 se muestra en la figura 2.1.

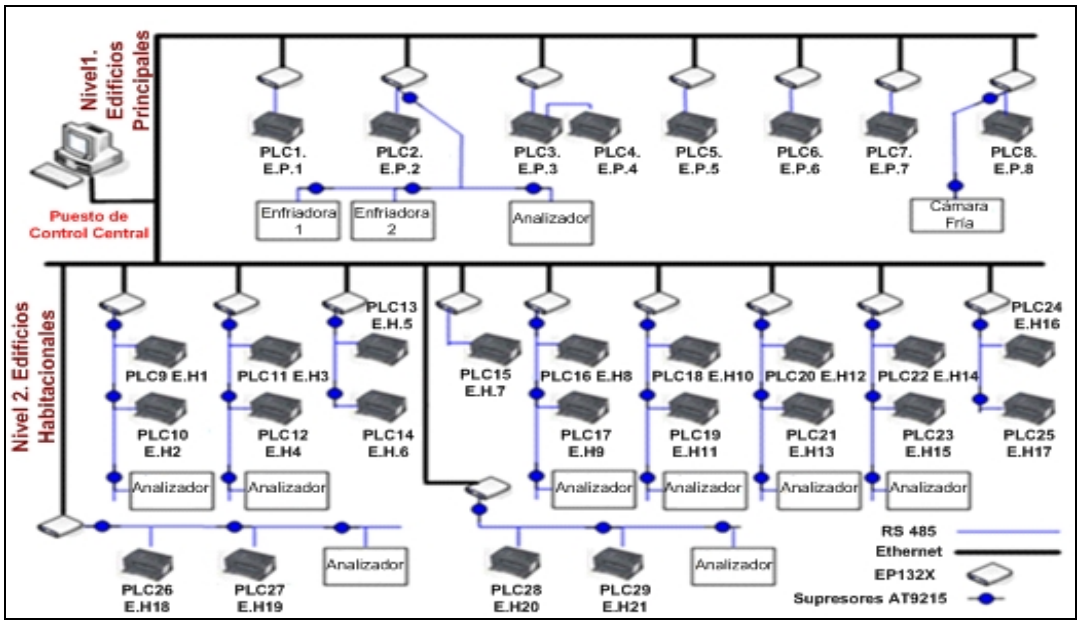


Figura 2. 1: Sistema de automática del hotel Estrella1.

Esta presenta un Puesto de Control Central (PC) desde donde se realiza la supervisión y accionamiento (arranque y parada) de los diferentes sistemas tecnológicos y equipos ajeno al servicio de agua caliente. El PC está conectado con todos los autómatas (29; uno en cada edificio) y estos trabajan de manera independiente, aún si falla el enlace entre ellos y el PC. El enlace entre el Puesto de Control Central y los autómatas instalados en los ochos Edificios Principales (primer nivel de la figura 2.1) es por Ethernet y está soportado sobre la Red de Datos del Sistema de Gestión Hotelera. De igual modo se establece la comunicación entre el PC y los autómatas instalados en los 21 Edificios Habitacionales (segundo nivel de la figura 2.1). El enlace entre el PC y los autómatas instalados en los Edificios Habitacionales donde no existen nodos periféricos es sobre Ethernet hasta el nodo periférico y desde este hasta el *"Bungalow"* a través de un BUS RS-485 con protocolo de comunicación MODBUS. En este enlace se emplean convertidores Ethernet /puerto serie EP132X.

Los autómatas que se emplean son del tipo Masterk120s y se encuentran ubicados en el segundo piso de cada edificio (uno por edificio) en una pizarra de automática para el control del estado de los ventiladores, extractores, sistemas de alumbrados exterior e interior, cámaras frías y todos las demás variables que están incorporadas al sistema "*SCADA"* de dicho hotel.

En la figura 2.2 se muestra las disposiciones internas de una de las pizarras de automática ubicada en uno de los Edificios Habitacionales.

La misma está conformada por:

- Un "*Breaker*" (Bk).
- Una Fuente de Alimentación 24VCD y 90W.
- Un Adaptador de 220VCA/9VCD 500mA con un tomacorriente hembra de 220VCA.
- Un Convertidor Ethernet (E/S) EP 132X.
- Un *"PLC"* K7M DR20U (tabla 1.1) de la serie Masterk120S.
- Un módulo especial de extensión G7F- ADHA (posee 2 entradas analógicas y 1 una salida digital). (Ver anexo II).
- Tres relés con las bases.
- Tres bloques de borneras (reciben señales de entradas y salidas: analógicas, digitales y alimentación).

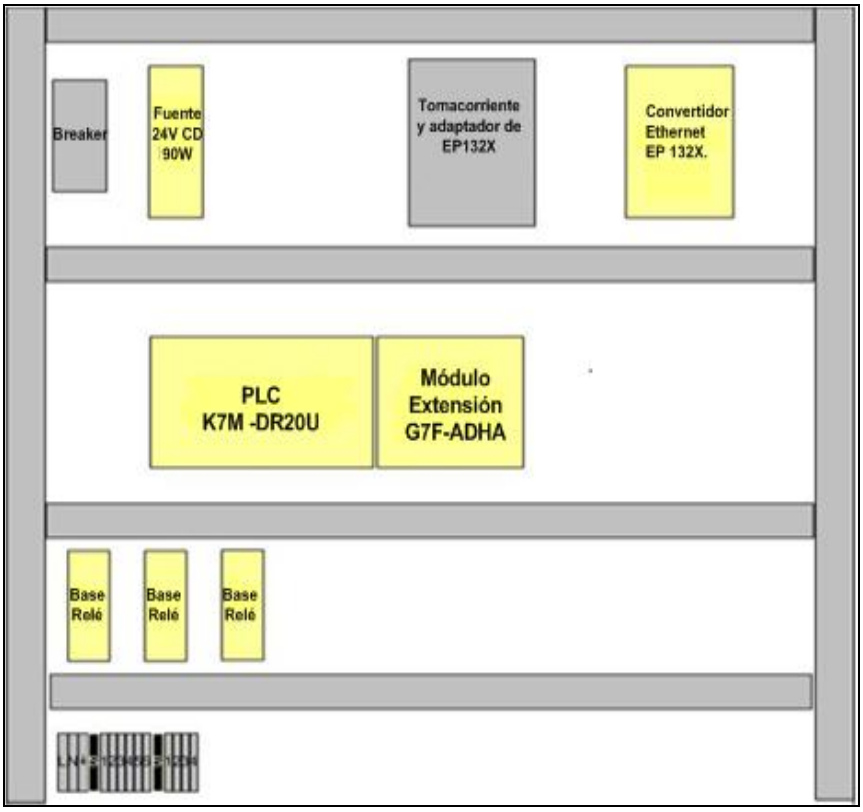


Figura 2. 2: Disposiciones internas de la pizarra de automática.

En la figura 2.3 se exponen las conexiones interiores de todos los dispositivos mostrados en la figura 2.2. Todos los equipos (*"PLC"* MK120S, K7M-DR20U, Módulo G7F- ADHA, Adaptador con tomacorriente, Convertidor Ethernet, Fuente de Alimentación y Relés) están protegidos por el *"breaker"* (Bk1). El convertidor Ethernet/Serie (E/S5) se comunica con el *"PLC"* (MK6) por RS-232 y el módulo (MK7) por un cable de extensión (ver anexo IV). Las borneras del bloque (X1) reciben 220V CA a través del adaptador (Adp3) alimentado a su vez por el tomacorriente (TC2). El bloque de borneras (X3) toma las tres salidas digitales correspondiente al alumbrado interior del pasillo de cada piso del Edificio Habitacional, estas señales provienen de los relés (R9, R10, R11) obtenidas de las salidas (P40, P41y P42) del *"PLC"* respectivamente. Las dos señales analógicas correspondientes a las temperaturas de suministro y retorno del agua en el edificio son recibidas por (X4) enviándolas a los canales analógicos (Ch0 y Ch1) del módulo empleado.

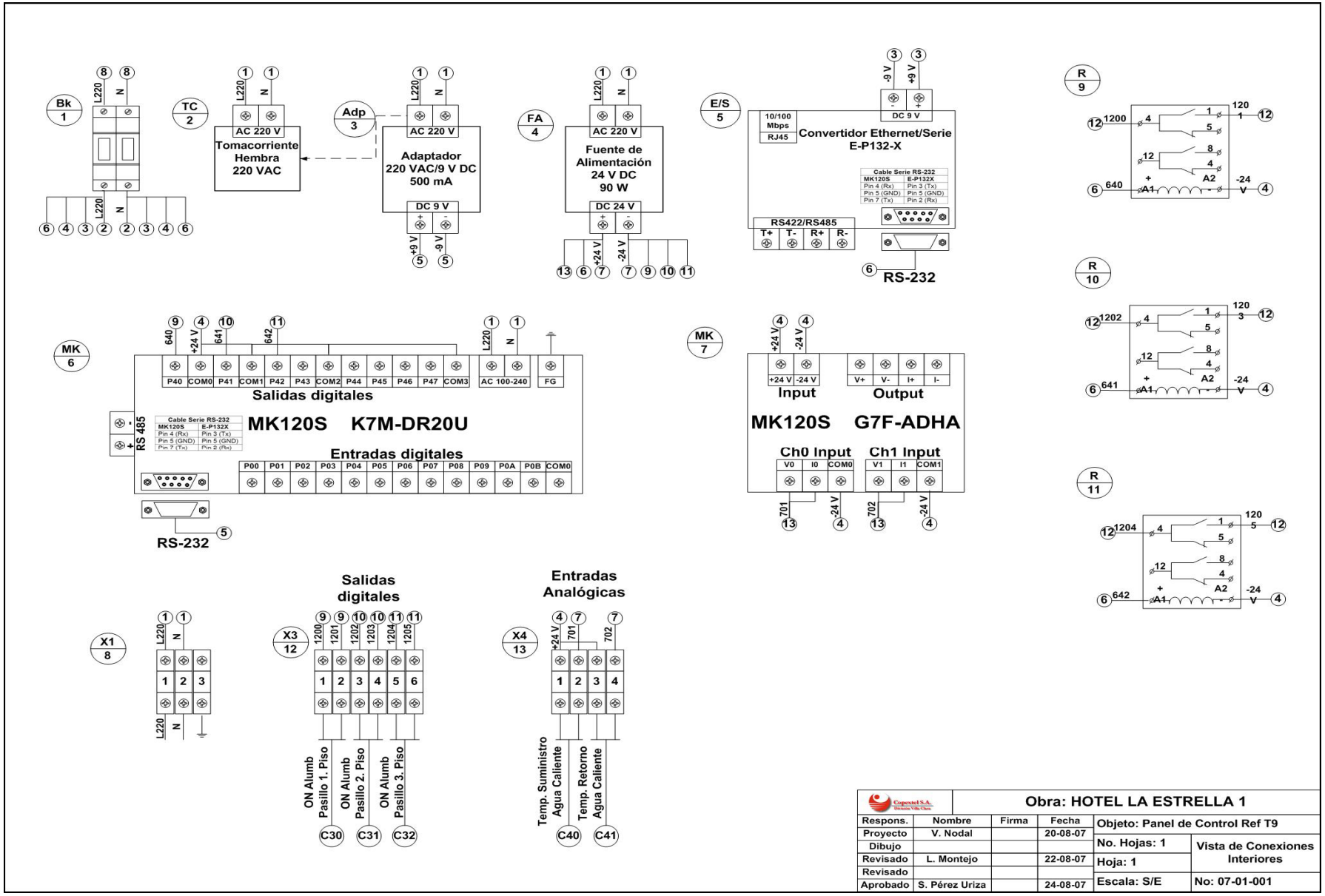


Figura 2. 3: Conexiones interiores de los dispositivos.

2.2. Descripción funcional del sistema de generación de agua caliente en el hotel Estrella 1.

El plano hidráulico del sistema de generación de agua caliente existente en el hotel Estrella 1 es el que se muestra en la figura 2.4.

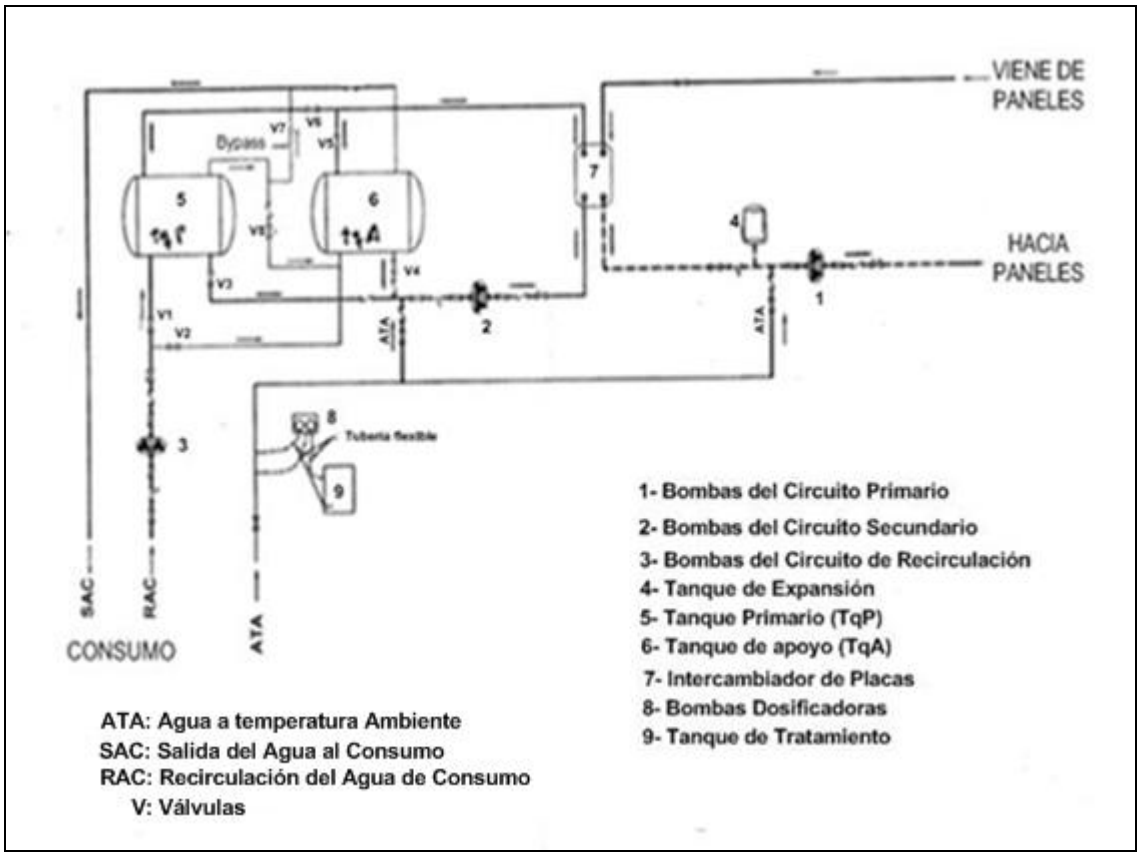


Figura 2. 4: Esquema hidráulico del calentamiento de agua en el hotel Estrella 1.

El mismo está conformado por tres circuitos: primario, secundario y el de retorno. Un grupo ATA[6] abastece de agua tratada a los circuitos primario y secundario; con el objetivo de mantener la presión en la línea. En el circuito primario se encuentran los paneles solares

[6]ATA: Agua a Temperatura Ambiente. El grupo ATA está conformado por un grupo de bombas que actúan en dependencia de la necesidad de agua en la línea.

(anexo IV) y dos bombas (anexo VI) para hacer circular el agua dentro de su ciclo. Esta se hace pasar por un intercambiador de placas (anexo VII) con el objetivo de calentar el agua del segundo circuito. Al igual que el primario este posee un par de bombas y un presostato. Además se encuentran, un presostato (anexo V) para indicar si hay o no presión en la línea y dos tanques grandes (anexo VIII) o contenedores conocidos como: tanque primario y tanque de apoyo (donde se almacena el agua caliente lista para su consumo) con capacidad para 4600 litros de agua cada uno. Del tanque primario se extrae el agua fría (de la parte inferior) y se hace pasar por el intercambiador de placas, donde se calienta y retorna al mismo tanque pero almacenándose en la parte superior permaneciendo allí debido al principio físico de convección. De aquí es enviada al contenedor de apoyo donde es almacenada para su consumo. En este tanque se encuentra un banco de tres resistencias eléctricas, las cuales se activan cuando el agua acumulada no alcanza la temperatura requerida (60ºC). Luego esta es enviada a cada una de las habitaciones que tiene el edificio, la cual, en caso de no emplearse, se hace retornar (circuito de retorno o recirculación) al tanque primario a través de un par de bombas.

En cada *"Bungalow"* también se encuentra una pizarra de fuerza/control (en la azotea del edificio) empleada únicamente para el control del proceso de generación del agua caliente. Las disposiciones físicas de esta pizarra se muestran en la figura 2.5.

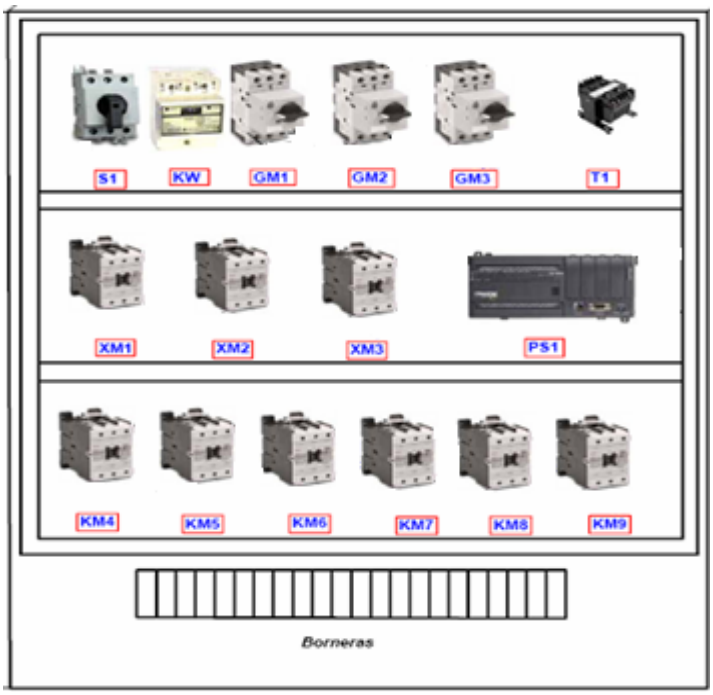


Figura 2. 5: Placa de montaje de la pizarra de control para agua caliente.

La misma está conformada por:

- Un *"PLC"* DirectLOGIC06 con un módulo Pt-100 incluido (PS1).
- Nueve contactores magnéticos (KM) para las bombas de cada circuito.
- Tres contactores magnéticos (XM) para el banco de resistencias (uno para cada resistencia).
- Un selector (S).
- Un protector (KW).
- Un transformador de control (T): 220/110 VCA.
- Tres contactores auxiliares guarda motores (GM).

Fue necesario realizar un estudio del sistema de generación de agua caliente existente en la entidad; incluyendo los esquemas de señalización, mando, fuerza y control de las resistencias y bombas, junto con la programación del *"PLC"* empleado (DirectLOGIC06) para el control del proceso, con el propósito de entender correctamente la lógica de programación contenida en dicho autómata y conocer las variables del proceso que eran controladas. Una vez obtenido esto se elaboraría una lógica apropiada para el control de este sistema pero empleando ahora el autómata (Masterk120s).

En la puerta de la pizarra correspondiente a la figura 2.5 se encuentra la señalización y mando del proceso con los indicadores de cada elemento y sus selectores correspondientes como se muestra en la figura 2.6.

Circuito primario:

L2: indicador correspondiente a la bomba 1 (B1).

L3: indicador correspondiente a la bomba 2 (B2).

L4: indicador correspondiente al guarda motor 1 (GM1) para la protección de las B1 y B2.

Circuito secundario:

L5: indicador correspondiente a la bomba 3 (B3).

L6: indicador correspondiente a la bomba 4 (B4).

L7: indicador correspondiente al guarda motor 2 (GM2) para la protección de las B3 y B4.

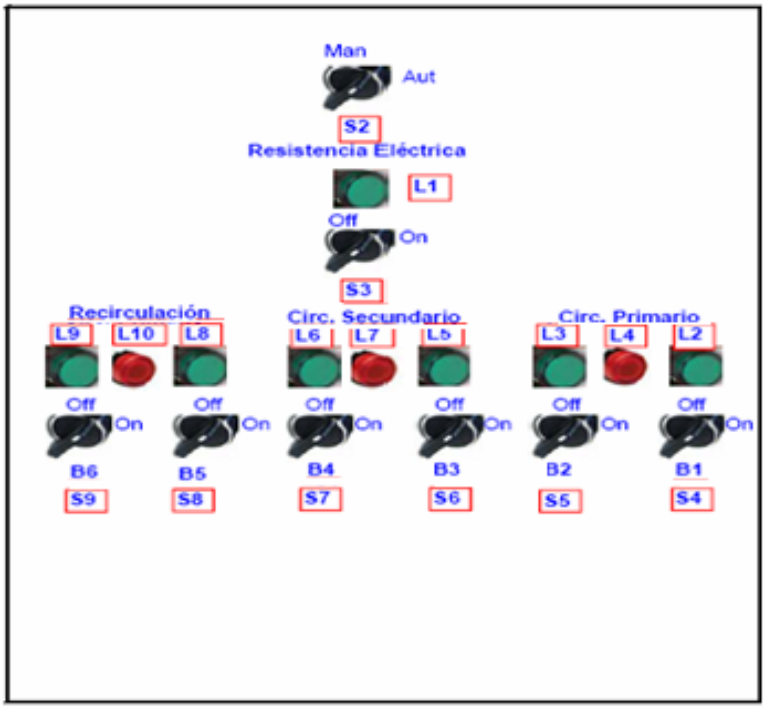


Figura 2. 6: Mando y señalización del proceso.

Circuito de recirculación:

L8: indicador correspondiente a la bomba (B5).

L9: indicador correspondiente a la bomba (B6).

L10: indicador correspondiente al guarda motor 3 (GM3) para la protección de las B5 y B6.

Resistencias eléctricas:

L1: indicador correspondiente al banco de tres resistencias (R1, R2, R3).

Selectores:

S2: Modo de trabajo Manual/Automático.

S3: ON/OFF Banco de Resistencias Eléctricas.

S4: ON/OFF de la Bomba1.

S5: ON/OFF de la Bomba2.

S6: ON/OFF de la Bomba3.

S7: ON/OFF de la Bomba4.

S8: ON/OFF de la Bomba5.

S9: ON/OFF de la Bomba6.

Las seis bombas correspondientes al proceso están distribuidas por pares en cada circuito del sistema como se muestra en la figura 2.7.

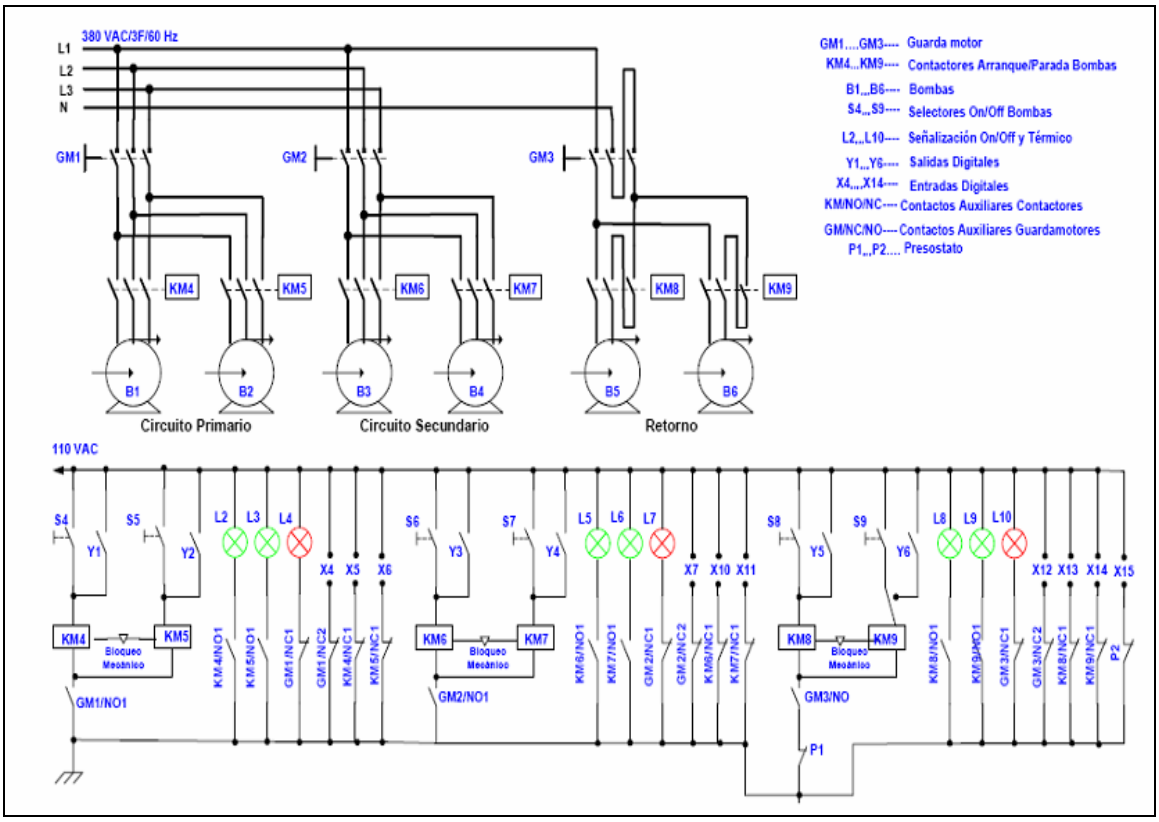


Figura 2. 7: Esquema de fuerza/control de las bombas.

- Las bombas 1 y 2 (B1, B2) corresponden al circuito primario.
- Las bombas 3 y 4 (B3, B4) corresponden circuito secundario.
- Las bombas 5 y 6 (B5, B6) corresponden al circuito de recirculación.

Todas con sus indicadores (figura 2.6), selectores, contactores de arranque y parada, contactores auxiliares y guarda motores, tal y como se muestra en la figura 2.7 referente al esquema de fuerza y control de las bombas. En cada circuito solo puede activarse una sola

bomba a la vez debido a la existencia de un bloqueo mecánico, por ejemplo, en el circuito primario si B1 está operando B2 no y viceversa. Todo esto se cumple mientras los guarda motores y magnéticos correspondiente a cada bomba no se disparen y los presostatos (P1 y P2) indiquen que hay presión en la línea de lo contrario se apagan las bombas para protección del sistema.

El banco de resistencias eléctricas se muestra en la figura 2.8. Las mismas se encuentran ubicadas en el tanque de apoyo. Cuando trabajan en modo automático, si cada una de las tres resistencias está funcionando correctamente, debe permanecer en ON el indicador L1 mientras las resistencias estén activadas. Es decir si una de las resistencias presenta problema y deja de trabajar se apaga el indicador L1.

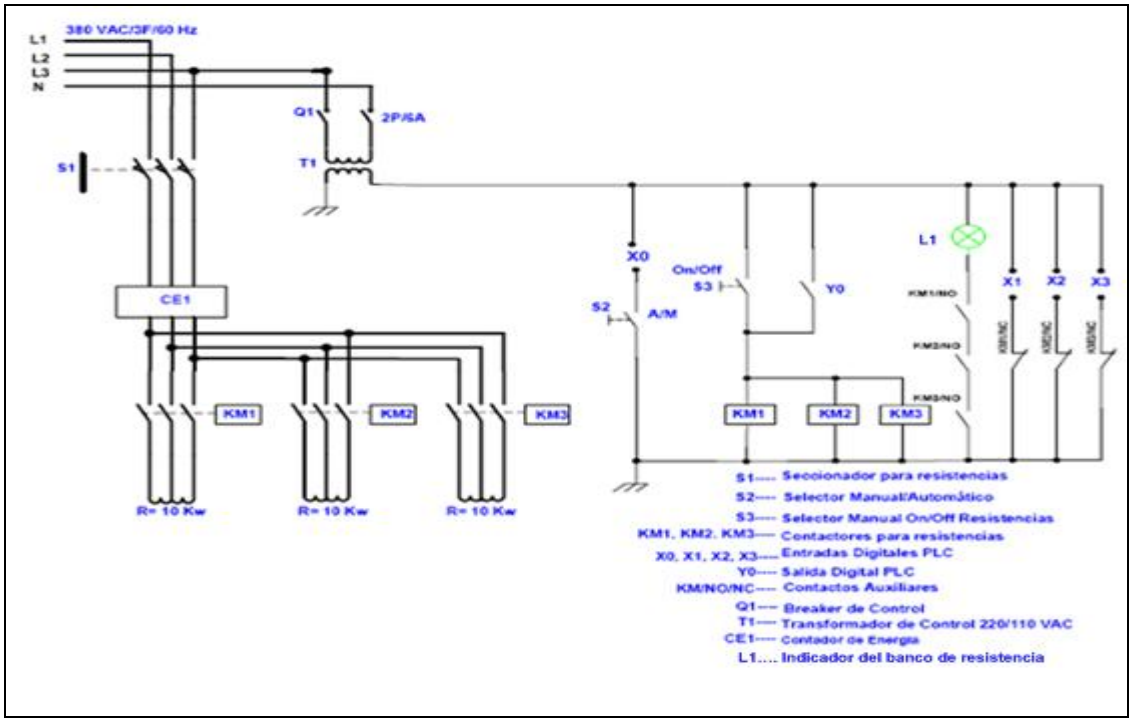


Figura 2. 8: Esquema de fuerza/control de las resistencias eléctricas.

En caso de que exista algún problema tanto en las bombas como en las resistencias eléctricas, se muestra una señal de alarma en la pizarra de mando y también en el LCD de 32 caracteres (2 líneas X 16 caracteres cada una) que posee el *"PLC"* DirectLOGIC06 donde registra la fecha y hora en que ocurrió la misma (anexo I).

En la tabla 2.1 se muestran las variables de entradas analógicas y digitales del proceso

Tabla 2.1. Variables de entradas digitales y analógicas del proceso.

Entradas Digitales	**Entradas Analógicas**
Estado de la bomba 1 (B1).	Temperatura del agua en el tanque de apoyo (TqA).
Estado de la bomba 2 (B2).	Temperatura del agua en el tanque primario (TqP).
Estado de la bomba 3 (B3).	Temperatura del agua en el panel solar (PS).
Estado de la bomba 4 (B4).	
Estado de la bomba 5 (B5).	
Estado de la bomba 6 (B6).	
Estado de la resistencia 1 (R1)	
Estado de la resistencia 2 (R2)	
Estado de la resistencia 3 (R3)	
Presión en la línea del C.P y C.S (P1).	
Presión en la línea del C.R (P2).	
Modo de operación del proceso (M/A).	
Estado del guarda motor 1 (GM1).	
Estado del guarda motor 2 (GM2).	
Estado del guarda motor 3 (GM3).	

Todas las variables de salida del proceso son digitales, las mismas se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Variables de salidas del proceso.

Salidas Digitales	
Activar bomba 1(B1).	Desactivar (B1) y activar (B2).
Activar bomba 2(B2)	Desactivar (B2) y activar (B1).
Activar bomba 3(B3).	Desactivar (B3) y activar (B4).
Activar bomba 4(B4).	Desactivar (B4) y activar (B3).
Activar bomba 5(B5).	Desactivar (B5) y activar (B6).

Activar bomba 6(B6).	Desactivar (B6) y activar (B5.)
Activar las resistencias (R1, R2, R3).	Desactivar las resistencias (R1, R2, R3)

El *"PLC"* DirectLOGIC06 empleado en este proceso posee 20 entradas digitales: (X0 a X7, X10 a X17 y X20 a X23) y 16 salidas digitales (Y0 a Y7 y Y10 a Y17).

El sistema de generación de agua caliente abarca un total de:

- Variables de entrada: 15 variables digitales y 3 variables analógicas.
- Variables de salida: 14 variables digitales.

El autómata estadounidense ocupaba 15 entradas y 14 salidas digitales para el control de las variables de este sistema. Para las variables analógicas del proceso se empleó junto al *"PLC"* un módulo de entrada Pt- 100. El esquema de conexión de este módulo es el que se muestra en la figura 2.9.

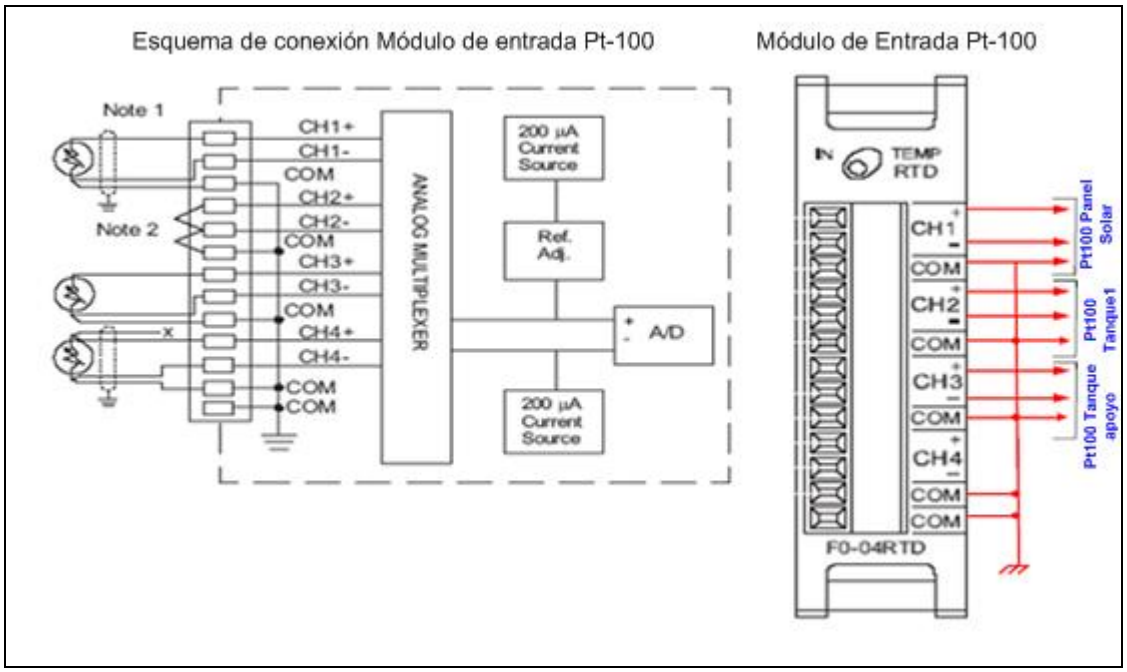


Figura 2. 9: Esquema de conexión del módulo de entrada Pt -100.

2.3. Implementación propuesta.

Luego de haber analizado la arquitectura del sistema (figura 2.1) y estudiado todo lo relacionado al proceso de generación del agua caliente existente el hotel, se propusieron dos alternativas en aras de controlar el proceso:

1. Comprar un nuevo autómata K7M- DR20U (de la serie Masterk120s) para cada *"Bungalow"*. Como consecuencia se requería de: dos módulos del tipo G7F-ADHA o un módulo del tipo G7F-ADHA (posee cuatro canales analógicos/digital de entrada), un convertidor Ethernet, tres relés, un *"breaker"*, un adaptador, borneras y una fuente de alimentación. Por lo que se necesitaría un nuevo panel, perfiles DIM, canaletas, tapa de canaletas, cables de control, entre otras cosas, para el montaje de todos estos dispositivos.

2. Controlar este sistema con el autómata (Masterk120s) existente en cada Edificio Habitacional ya que el mismo tiene todas las entradas y seis salidas digitales disponibles (ver figura 2.3). Esto provocaría modificaciones en la pizarra de automática de cada *"Bungalow"* ya que se necesitaría agregar otro módulo de extensión preferentemente del mismo tipo, cables para conectar los dispositivos de la pizarra de fuerza/control a la de automática, tres relés y varias borneras. Además, hay que tener en cuenta a la hora de realizar la lógica de programación que este autómata ya tiene un programa incorporado ajeno a este proceso.

En ambos casos se desea incorporar las variables de este proceso al sistema *"SCADA"* existente en la entidad, por lo que sería necesario modificar las pantallas de supervisión para todos los *"Bungalows"*.

La dirección del hotel prefirió la segunda variante, entre otras razones, porque la entidad no contaba con el presupuesto necesario para que se ejecutase la primera alternativa. La opción aceptada requería de una menor inversión porque se eximía la compra de todos los dispositivos precisos para el control de este proceso. De esta manera se aprovechaba la existencia del *"PLC"* Masterk120s (K7M- DR20U) en cada Edificio Habitacional el cual posee las potencialidades para controlar las variables del sistema en cuestión. Con esta opción la arquitectura del sistema supervisor existente en la entidad (figura 2.1) no sufre ningún cambio.

Aprobada tal decisión, las nuevas disposiciones internas quedaron conformadas como se muestra en la figura 2.10.

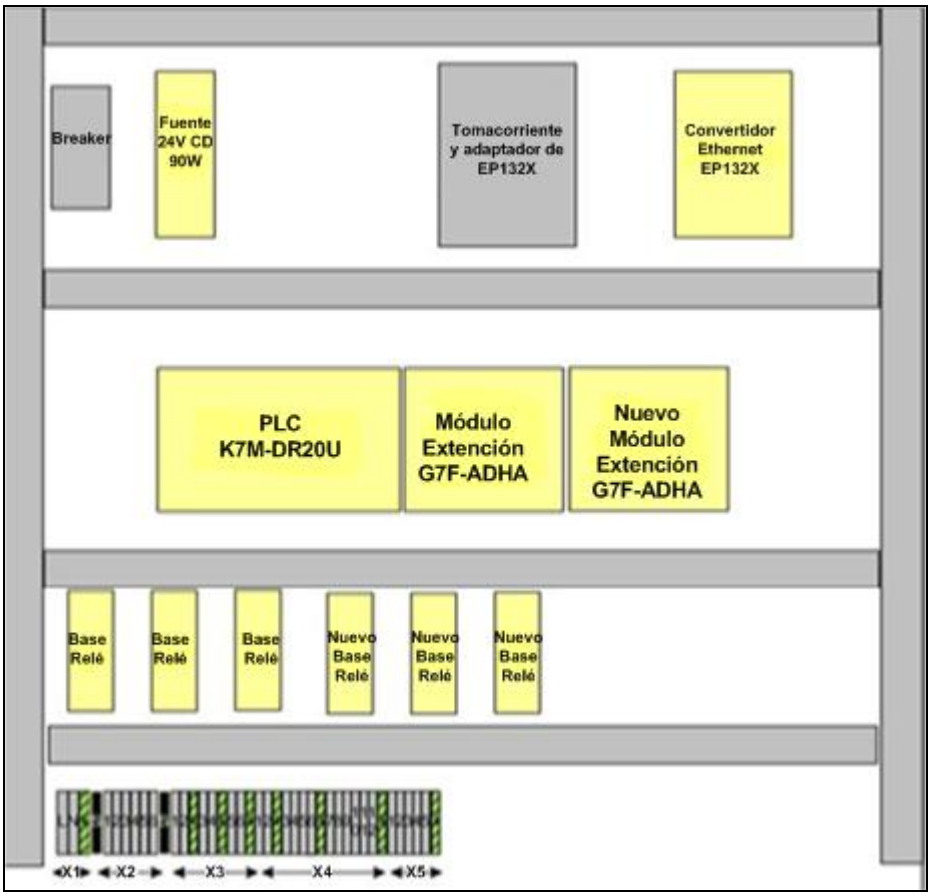


Figura 2. 10: Nuevas disposiciones internas de la pizarra de automática.

El bloque de borneras X3 y el módulo de extensión existente (G7F- ADHA) fueron modificados en cuanto a las variables a recibir; ahora en lugar de la temperatura de suministro y retorno del agua en el edificio, toma la temperatura del agua en el tanque primario y tanque secundario. En adición a X3 se le incorporaron dos borneras para recibir también la temperatura del agua en el panel solar; por esta variable analógica fue que se necesitó incorporar un nuevo módulo (G7F- ADHA) para tomar este valor de temperatura. Se adicionaron dos bloques de borneras para recibir las señales de campo referente al estado de las bombas, guarda motores, resistencias eléctricas y presión en la línea. El bloque X4 recibe las 10 señales digitales que van a las entradas del "*PLC*" (de P02 a P0B).

El bloque X5 recibe cinco salidas digitales de los relés (R12, R13 y R14), proveniente estas de las salidas del autómata (P45, P46 y P47), referidas a las bombas del circuito primario y

secundario, bombas del circuito de recirculación y banco de resistencias respectivamente. Las nuevas conexiones interiores quedaron conformadas como se muestra en las figuras 2.11.

Teniendo en cuenta que el *"PLC"* Masterk120s (K7M- DR20U) existente dispone de 12 entradas digitales y se tienen 15 variables digitales de entrada. Luego de realizar un estudio respecto a este asunto, se llegó a la conclusión de que algunas variables no eran necesarias controlar:

Variables Digitales de entrada.

- El estado de los guarda motores, no era necesario porque esto queda implícito al conocerse el estado de las bombas.
- El estado de cada una de las resistencias no era necesario porque las tres trabajan en serie. Solo con conocer el estado del conjunto (del banco de resistencia) se soluciona esto.

Quedando simplificado a 10 variables digitales de entradas a controlar, las cuales se muestran en la tabla 2.3. Con respecto a las variables analógicas no hubo ningún cambio.

Tabla 2.3. Nuevas variables de entradas digitales y analógicas a controlar del proceso.

Entradas Digitales	**Entradas Analógicas**
Estado de la bomba 1 (B1). Estado de la bomba 2 (B2). Estado de la bomba 3 (B3). Estado de la bomba 4 (B4). Estado de la bomba 5 (B5). Estado de la bomba 6 (B6). Estado de las resistencias (R1, R2, R3). Presión en la línea del C.P y C.S (P1). Presión en la línea del C.R (P2). Modo de operación del proceso (M/A).	Temperatura del agua en el tanque de apoyo (TqA). Temperatura del agua en el tanque primario (TqP). Temperatura del agua en el panel solar (PS).

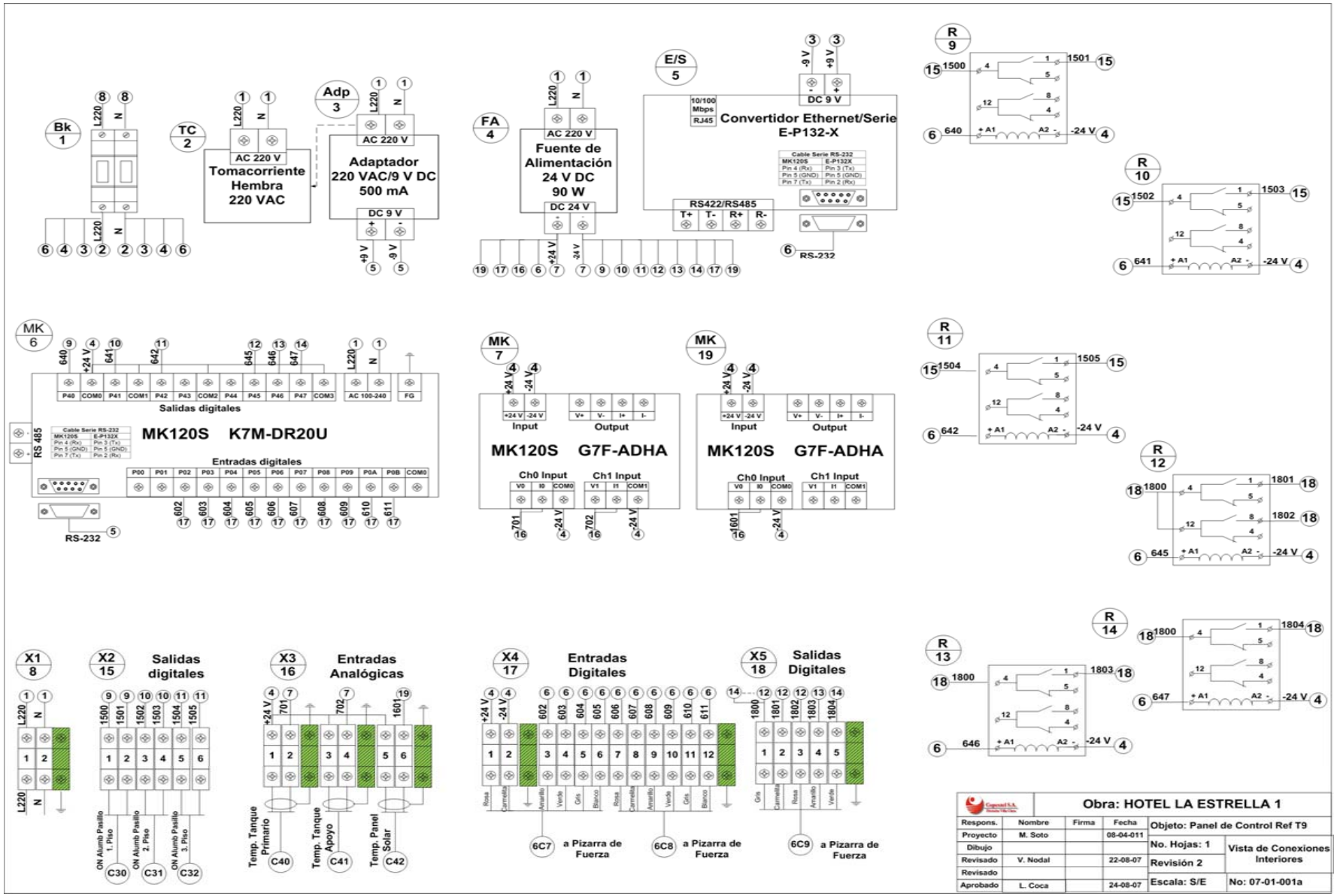


Figura 2. 11: Nuevas conexiones interiores.

Como el proceso posee 13 variables de salidas a controlar y el autómata dispone de 8 salidas digitales. Se realizó un estudio para seleccionar variables respecto a la donde se llegó a la siguiente conclusión:

Variables digitales de salida.

- No era necesario emplear para cada bomba una salida para activarlas, ya que las bombas del circuito primario y secundario trabajan en conjunto y cada par posee un bloqueo mecánico que impide su funcionamiento a la vez en un mismo circuito. De este modo resultan 3 variables de salida a controlar las cuales se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Variables de salidas del proceso.

Salidas Digitales
Activar bombas del C.P y C.S (B1ó B2, B3 ó B4).
Activar bombas del C.R (B5ó B6).
Activar banco de resistencias (R1, R2, R3).

2.3.1 Algoritmo a incluir en la programación del Masterk120s.

El algoritmo a incluir en la programación del *"PLC"* se muestra en los diagramas de flujo correspondientes a las figuras 2.12 y 2.13.

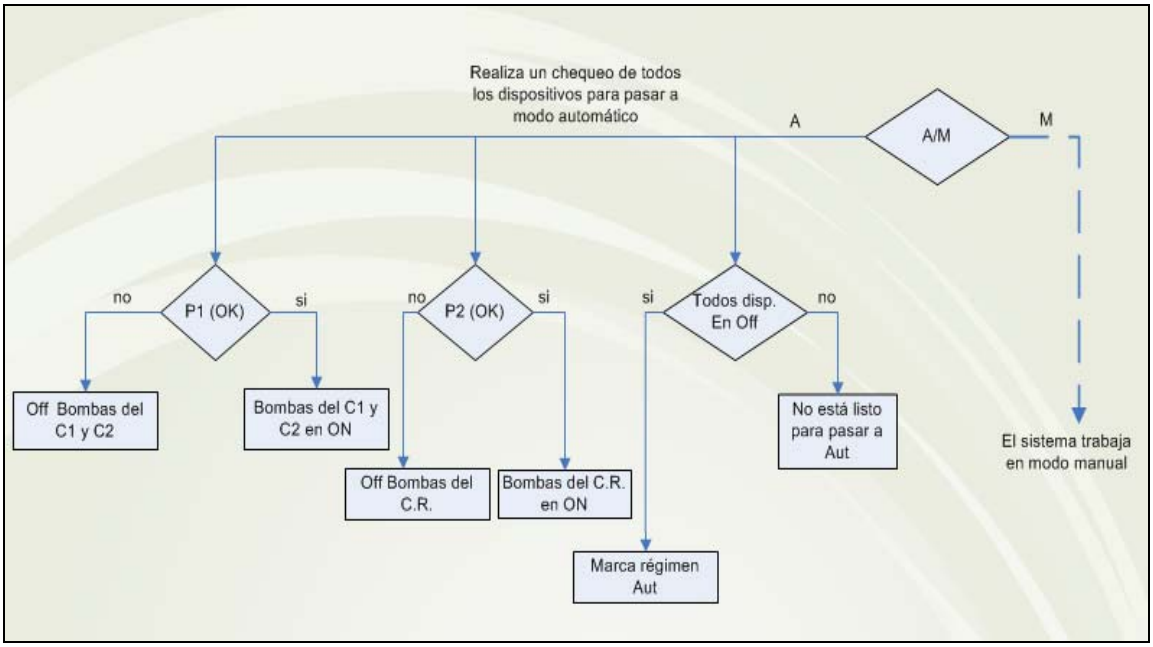


Figura 2. 12: Diagrama de flujo para selección de trabajo en modo automático.

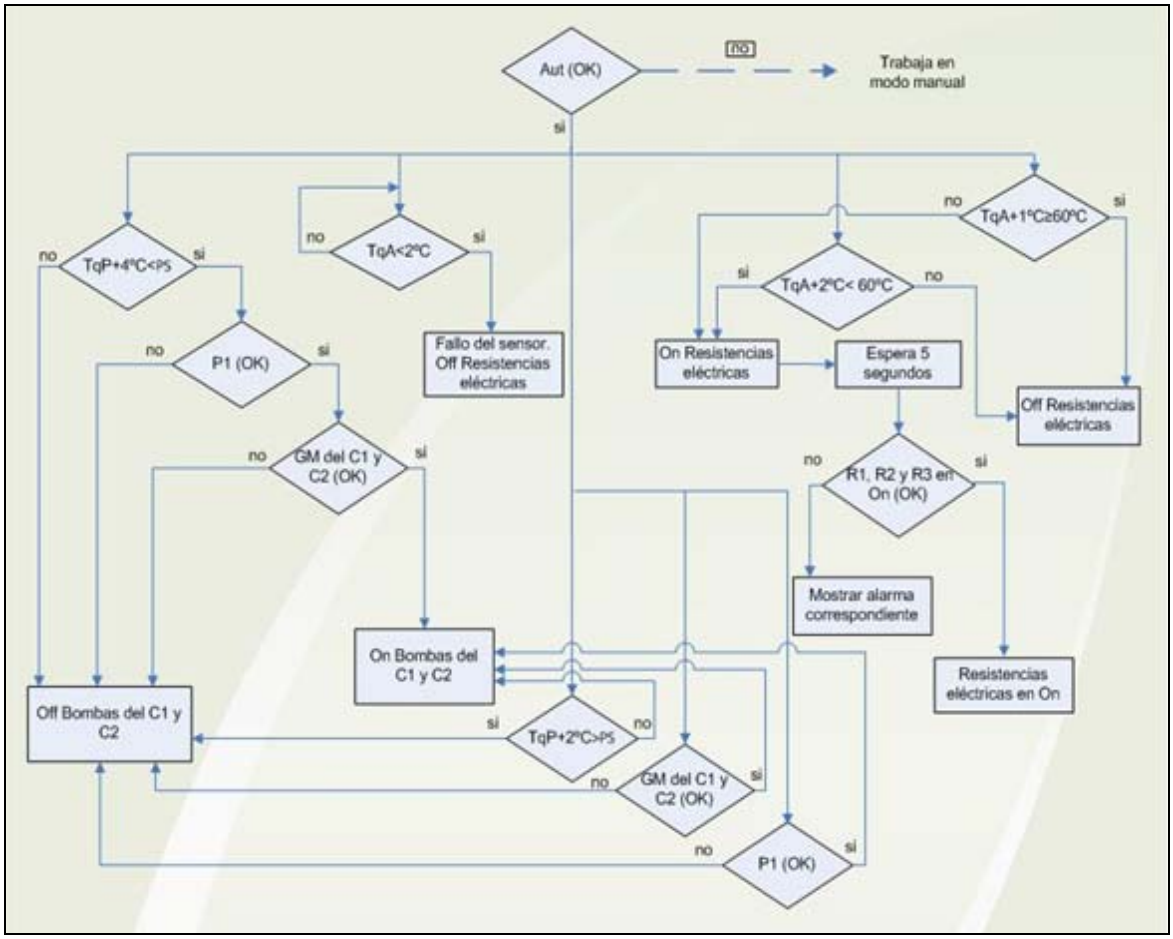


Figura 2. 13: Diagrama de flujo trabajando en modo automático.

3.1. Conclusiones del capítulo.

1. El *"PLC"* Masterk120s existente en el hotel sirve para ser empleado en el control del sistema de generación de agua caliente de manera efectiva.

2. La solución dada para el control del sistema de obtención de agua caliente minimiza los altos costos de equipamiento que esto implica y se brinda un adecuado control del proceso.

3. Con la decisión tomada no ocurren afectaciones en la arquitectura del sistema automatizado existente en la entidad.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo realizado. Se exponen las partes principales del programa realizado y las instrucciones más importantes que se emplearon. Se muestran las modificaciones realizadas en las pantallas del sistema *"SCADA"* para la supervisión de las variables correspondiente al sistema de agua caliente. En el epígrafe final se expone el análisis económico con relación al proyecto.

3.1 Confección del programa.

Las principales instrucciones que se emplearon en el programa se muestran a en la tabla 3.1:

Tabla 3.1. Instrucciones empleadas en el programa.

Instrucciones	**Descripción**
ADD	Para efectuar operación de suma.
DIV	Para efectuar operación de multiplicación.
MOV	Mueve un Word de una localidad a otra.
CMP	Para establecer comparación.
INC	Incrementa.
D	Al conectar una variable realiza un scan (lectura) y activa otra variable indicada.

Las entradas y salidas del *"PLC"* que fueron empleadas para las variables digitales y los canales de los módulos que fueron utilizados para las variables analógicas se describen en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Descripción de las entradas y salidas del *"PLC"* y entradas de los módulos empleadas.

Entradas	Descripción	Salidas	Descripción
PLC(K7M-DR20U)	**Variables digitales:**		**Variables digitales:**
P02	Estado de B1.	P045	Bombas del C.P y C.S (B1, B2, B3, B4).
P03	Estado de B2	P046	Bombas del C.R (B5, B6).
P04	Estado de B3	P047	Banco de R.E (R1, R2, R3).
P05	Estado de B4		
P06	Estado de B5		
P07	Estado de B6		
P08	Estado de las R.E.		
P09	Presión en la línea del C.P y C.S (P1)		
P0A	Presión en la línea del C.R (P2)		
P0B	Modo de operación (M/A)		
Módulos (G7F-ADHA)			
Módulo I	**Variables analógicas:**		
Canal 0	Temperatura del agua en el Tanque de Apoyo.		
Canal 1	Temperatura del agua en el Tanque Primario.		

Módulo II	
Canal 0	Temperatura del agua en el Panel Solar.

Las direcciones de memoria, marcas y bits de control manejaron en el programa con las descripciones de las mismas se muestran en el anexo IX.

3.1.1 Descripción de las partes principales del programa.

La subrutina 111 (SBRT 00111) es la encargada de la atención (arranque, parada y alarmas) de las bombas (B1, B2, B3 y B4) correspondientes al los circuitos: primario y secundario del proceso. Además, transfiere el tiempo de trabajo (hora y minutos) del *"PLC"* al sistema *"SCADA"*, estos valores se encuentran almacenados en las direcciones D0999 (Minutos) y D1000 (Horas) las cuales apuntan a una zona de direcciones en las que se encuentra el dato correspondiente a cada dispositivo que esté operando. Este dato es tomado por el sistema *"SCADA"* para actualizar el tiempo de trabajo de cada bomba. La zona de direcciones empleadas son: D0501, D0502, D0503, D0504, D0505, D0506, D0507, D0508. En el anexo X se presenta el programa confeccionado en lenguaje de contactos.

La subrutina 113 (SBRT 00113) atiende las bombas (B5 y B6) del circuito de recirculación o retorno y es similar a la (SBRT 00111). En este caso el dato que se está manejando correspondiente a estas bombas se encuentra en las direcciones de memoria: D0509, D0510, D0511, D0512. En el anexo XI se muestra el programa.

La subrutina 114 (SBRT 00114) se muestra en el anexo XII y es la encargada de la atención al banco de resistencia. Se ejecuta la misma idea empleada en las subrutinas anteriores (SBRT 00111, SBRT 00113). En este caso las direcciones de memoria empleadas para guardar el tiempo de trabajo del banco de resistencia eléctrica son: D0513 (minutos) y D0514 (horas).

En la subrutina 126 (SBRT 00126) mostrada en el anexo XIII se incrementan los punteros (D0999 y D1000) donde se almacenan las direcciones de memoria de los contadores de

tiempo de trabajo para todos los dispositivos (todas las bombas y el banco de resistencias eléctricas) en horas, minutos.

El bloque del programa relacionado con el retardo de conexión entre dispositivos que se muestra en el anexo XIV es muy útil ya que permite a los diferentes equipos encender con pequeños intervalos de tiempo entre ellos (200 ms) y de forma secuenciada (escalonada). De esta manera se evitan posibles fallas debido a motivos como: el restablecimiento del fluido eléctrico cuando se les ordena encender, la existencia de doble bomba (par de bomba) como en este caso, el cual toma su tiempo entre el apagado de una bomba y el encendido de la otra, entre otros.

El manejo de las bombas, del banco de resistencia incluyendo la protección contra daño del sensor en el tanque de apoyo (donde se encuentran las resistencias eléctricas) se muestra en el anexo XV.

3.2 HMI del sistema de automática en el hotel Estrella1.

La Interfaz Hombre Máquina para el sistema de automática de Estrella1 cuenta con más de 100 pantallas dentro de las cuales se encuentran las de: Inicio, Presentación, Clima/Alumbrado, Alarmas, Gráficos, Residuales y todas las pantallas individuales correspondiente a cada dispositivo.

La pantalla principal es la de Clima/Alumbrado, la misma se muestra en la figura 3.1. En ella se representa el estado de todos los dispositivos de clima y alumbrado y demás sistemas presentes en la entidad. Mediante esta pantalla se accede a cada uno de ellos. En el borde izquierdo de la figura aparecen simbolizados los *"Bungalows"* (BW) del hotel con tres barritas horizontales que muestran el estado del alumbrado de cada piso del edificio.

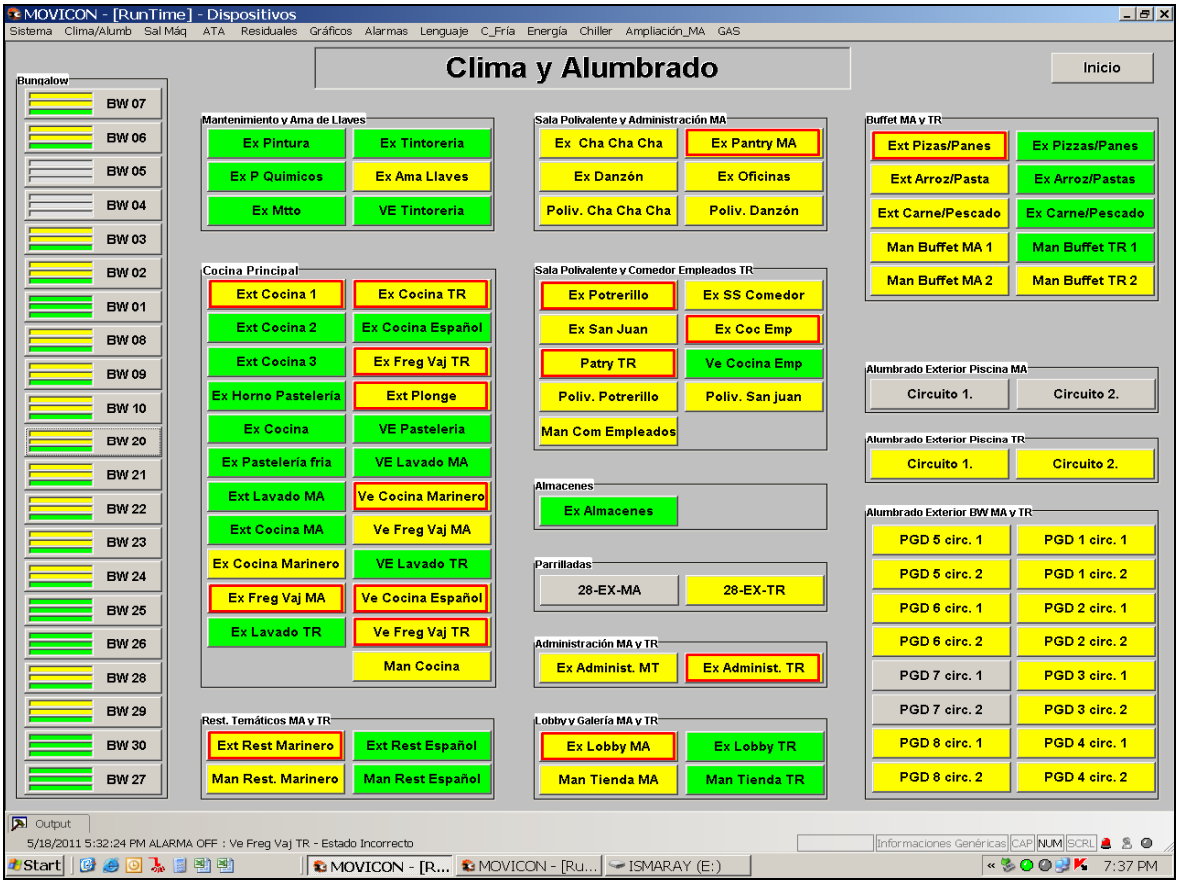


Figura 3. 1: Pantalla principal.

La aplicación sigue un código de colores que permite al operador de un vistazo conocer la situación de los equipos instalados. Los colores utilizados son grises, verdes, amarillos y rojos fundamentalmente. El color gris de los objetos representa que no hay comunicación entre el dispositivo y la aplicación, el color verde que hay comunicación y que el dispositivo está encendido y el color amarillo que hay comunicación y está apagado. La banda roja en el borde del botón significa que este dispositivo está en alarma por un incorrecto funcionamiento.

3.2.1 Supervisión del proceso de obtención del agua caliente.

Anteriormente solo se conocía la temperatura del agua a la entrada del edificio (valor en color verde) y la de retorno al tanque de almacenamiento (valor en color blanco) dado un rango de temperatura, como se muestra en la figura 3.2.

- Temperatura a la que entra el agua al edificio: 50 a 60°C.
- Temperatura a la que sale el agua del edificio: 45 a 55°C.

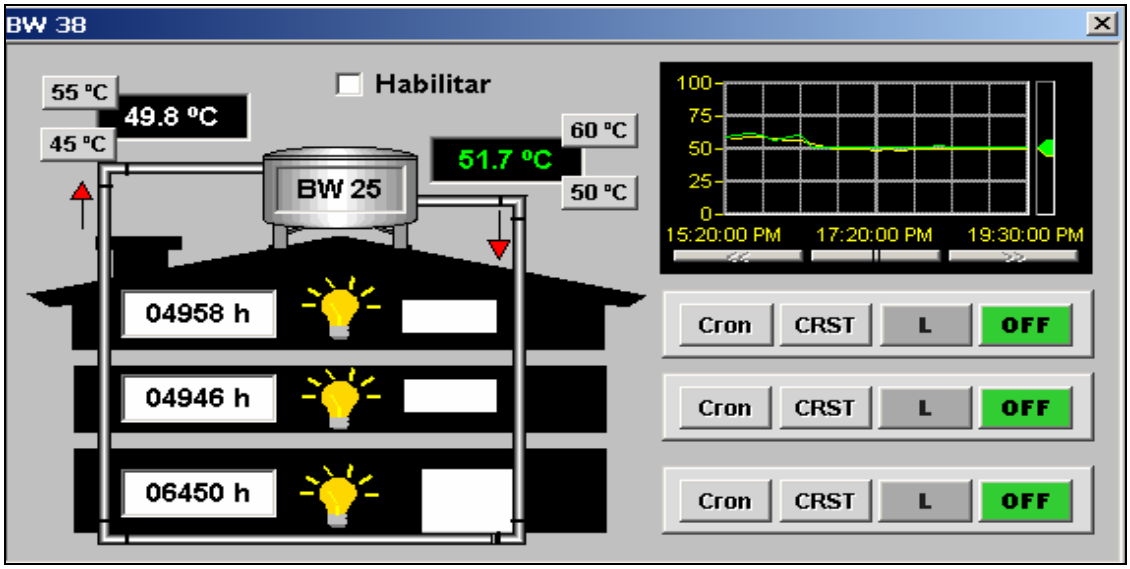


Figura 3. 2. Temperatura de entrada y salida del agua en el edificio.

Esta pantalla se modificó y el resultado obtenido se muestra en la figura 3.3:

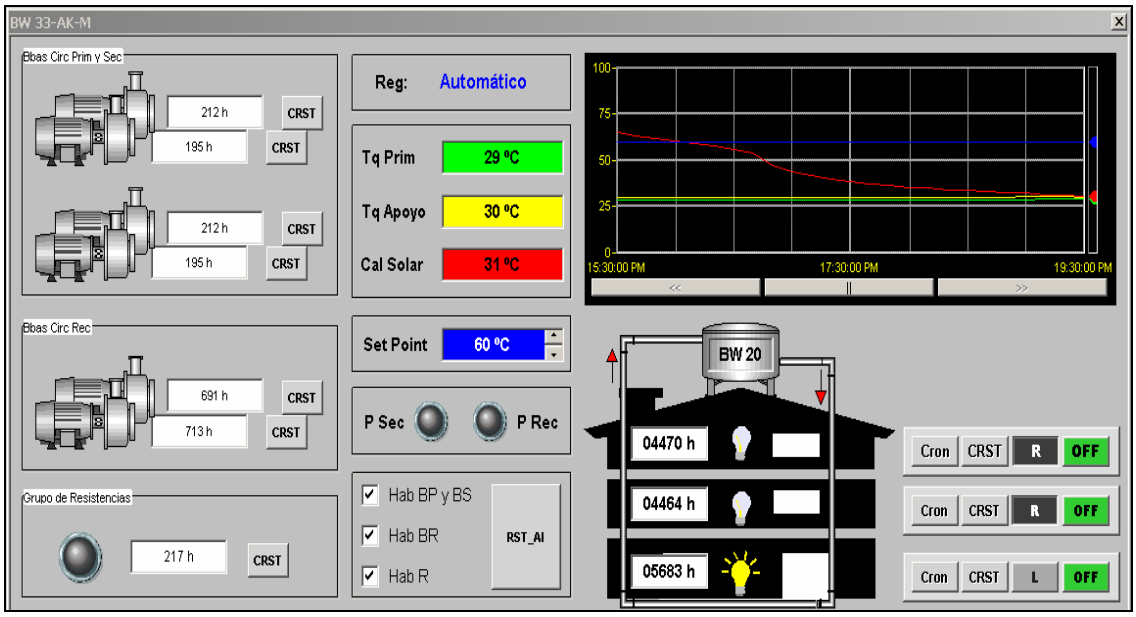


Figura 3. 3. Pantalla modificada para la supervisión del agua caliente.

En esta pantalla aparecen representados: los tres pares de bombas correspondientes a cada circuito y el grupo de resistencia, cada uno con el tiempo de trabajo acumulado. También se visualiza el régimen de operación del sistema, los tres circuitos que conforman el sistema con opciones para habilitarlos o deshabilitarlos, la temperatura deseada del agua y los valores que tiene en el panel solar, el tanque primario y el tanque de apoyo. Además existen dos indicadores relacionados con los presostatos que se encuentran ubicados en el circuito

secundario (P Sec.) y circuito de recirculación (P Rec.) respectivamente para que se activen en caso de que no haya presión en la línea. Mediante esta pantalla se supervisan las siguientes variables:

- Temperatura del agua en el Tanque Primario (color verde).
- Temperatura del agua en el Tanque de Apoyo (color amarillo).
- Temperatura del agua en el Panel Solar (color rojo).
- Valor de temperatura del agua deseado en el Tanque de Apoyo (color azul).
- El estado de cada bomba.
- El estado del banco de resistencia.
- Estado de los presostatos.
- Régimen de operación del proceso

En la figura 3.4 se muestra un gráfico correspondiente al *("Bungalow"* 20) con el comportamiento de la temperatura del agua (Tanque Primario, Tanque de Apoyo y Panel Solar) y la temperatura deseada en intervalos de una hora con la fecha correspondiente. Mediante esta pantalla se puede acceder a lecturas anteriores, hacer pausa, volver a la lectura actual para de esta manera poder hacer un análisis del comportamiento de la temperatura del agua en el edificio con respecto al valor deseado. Además brinda varias opciones como aumentar el gráfico, imprimirlo, configurarlo de otra forma, etc.

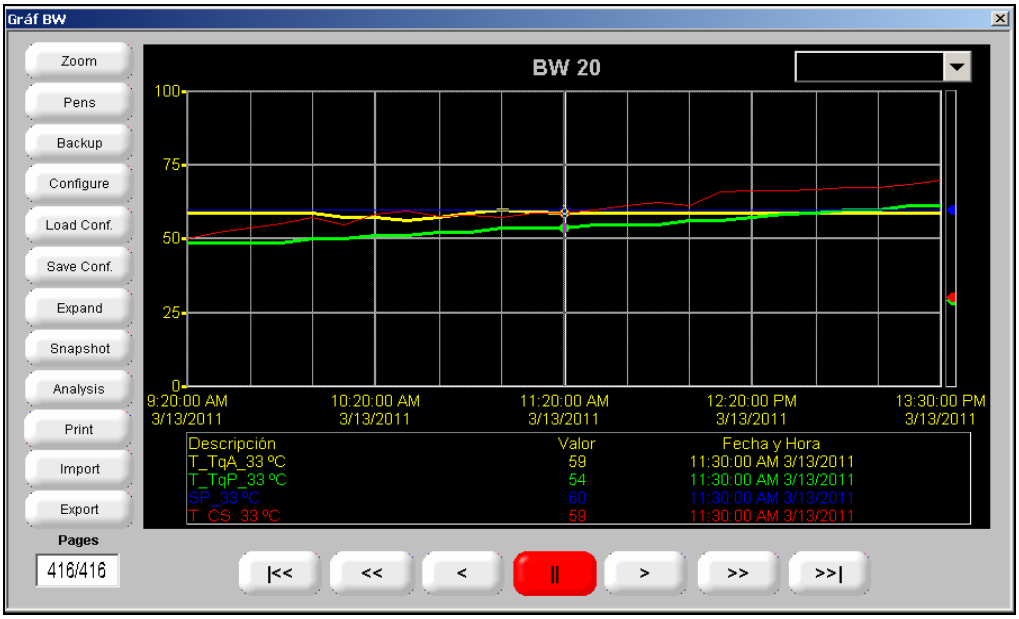


Figura 3. 4: Gráfico correspondiente a la temperatura del agua.

3.3 Análisis económico.

El análisis económico constituye uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la realización del proyecto. El mismo se justifica mediante cifras correspondiente a las ventajas económicas que traerá el sistema para la entidad. Al efectuar la realización del mismo se tuvieron en cuenta los gastos que se realizarían en la inversión y las posibilidades de ganancias. En la tabla 3.3 se muestra la relación de precios para la rehabilitación de un *"Bungalow"*.

Tabla 3.3. Relación de precios.

Descripción del equipamiento	**Cantidad**	**Precio CUC**	**Importe CUC**	**CUP**
Instrumentación de Campo		Subtotal:	198,00	59,40
Sensor de temperatura 0 a 100°C	1	198,00	198,00	59,40
Cables		Subtotal:	252,41	75,72
Cable de control trenzado y apantallado de 6x0.75 mm²	1	194,00	194,00	58,20
Cable Eléctrico de 1x1.5 mm²	2	58,41	58,41	17,52
Relé Auxiliar y Módulo de *"PLC"*		Subtotal:	207,55	62,98
Relé industrial 10 A. 2P2T Alimentación: 24 V DC	3	25,27	25,27	7,58
Base para relé RMI 2 contactos, Montaje rail DIN.	3	17,99	17,99	5,40
Módulo Autómata G7E-ADHA	1	165,29	165,29	50,00
Subtotales de Equipos y			**657,96**	**198,10**

Materiales				
Servicio	Subtotal:		306,21	1 079,50
Proyecto, instalación, programación puesta en marcha, documentación y asesoría. Incluye alojamiento y transportación	1	306,210	306,21	1 079,50
IMPORTE TOTAL			**964,17**	**1 277,60**

El sistema económico utilizado por las instalaciones turísticas del Cayo Santa María tiene la peculiaridad de que no contempla el pago en moneda nacional. Las deudas concertadas en esta moneda son saldadas en CUC siguiendo el cambio unitario. De acuerdo con lo antes expuesto, el monto total inicial de los gastos por inversión es de:

Gastos en CUC + Gastos en Moneda Nacional = Inversión Inicial (en CUC)

964,17 + 1 277,60 = 2 241,77

La puesta en marcha del sistema de generación de agua caliente proporciona altos beneficios económicos a la entidad, ya que los *"Bungalows"* que estaban fuera de servicio por tal motivo comenzaron a ser empleados nuevamente.

Un análisis bastante conservador arrojó los siguientes resultados:

Cada *"Bungalow"* tiene 60 habitaciones. Con tan solo 50 clientes alojados en el edificio, pagando 100,00 CUC al día, el ingreso diario sería:

Cantidad de Clientes X Precio (en CUC) = Ingreso diario (en CUC).

50*100 = 5 000,00 CUC.

Como se puede apreciar, la inversión inicial (2 241,77CUC) es amortizable en tan solo un día (5 000,00 CUC) dejando ganancias. Teniendo en cuenta que este cálculo se realiza

sobre la base de que el hotel funcionaba con varios edificios fuera de servicio, se evidencia que este proyecto reportará ventajas económicas a grandes escalas a la entidad.

3.4 Conclusiones del capítulo

Analizando los resultados obtenidos, se pueden llegar a las siguientes conclusiones del capítulo:

1. La programación realizada en el *"PLC"*Masterk120s permite controlar el proceso de obtención de agua caliente sin que se afecte el control de los equipos ajenos a este sistema.

2. Con las modificaciones realizadas en las pantallas del sistema *"SCADA"* se puede realizar una adecuada supervisión del proceso.

3. A través del análisis económico se puede observar que la inversión es amortizable a corto plazo.

CONCLUSIONES

1. El empleo de calentadores solares es un método muy eficaz de generación de agua caliente y permite el ahorro de energía en gran medida.

2. La solución empleada, aprovechando el *"PLC"* existente, garantiza el control del sistema de generación de agua caliente de forma adecuada.

3. Con las modificaciones realizadas en las pantallas del sistema *"SCADA"* fue posible supervisar las variables correspondientes al proceso.

4. Desde el punto de vista económico este proyecto además de amortizarse a corto plazo deja grandes ganancias al hotel.

RECOMENDACIONES

Luego de finalizado el trabajo se exponen las siguientes recomendaciones:

1. Intensificar y profundizar el estudio de los *"PLC"* y la herramienta MOVICON en la carrera de Automática.

2. Que a los trabajadores (mecánicos, eléctricos) encargado del mantenimiento de los calentadores solares se les enseñe como se opera en las pizarras de automática para un mayor cuidado de los autómatas y demás equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemán, I. G. (2010). Programación del sistema de control Pueblo Dunas Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

AMBROSE, A. G. (2004). Sistema de supervisión y control del Pasteurizador en la cervecería “Antonio Díaz Santana” Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

AUTÓMATAS (2006). Sistemas SCADA.

Bayon, R. M. (2005). Sistemas domóticos basados en PLC’s.

BENAVIDES, I. J. L. (2007). Propuesta de Automatización de una fábrica de licores de Ecuador Tesis de Maestría, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

Bérriz, L. (2008). El calentador solar. Principios de funcionamiento. Ideas básicas para su diseño, construcción e instalación. Cuba.

Castellanos, E. I. (2008). "Sistemas de Automatización."

Coca, L. V. (2007). Identificación y Representación de las Principales Variables de la Etiquetadora KOSME de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena” Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Coca, L. V. (2011). Calentadores Solares en hoteles. Soluciones. Santa Clara.

Conae (2009). Calentador solar de agua. México.

Díaz, R. C. (2010). Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina para el Sistema de Automática Pueblo Dunas Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Espí, M. V. (2006). Una brevísima historia de la arquitectura solar. Por una arquitectura y un urbanismo contemporáneos MADRID.

LG, I. S. (2008). Masterk120s Programmable Logic Controller. Korea.

MAQUINARIApro. (2010). "Calentador solar de agua." Accedido el 12 de abril, 2011, de http://www.maquinariapro.com/maquinas/calentador-solar.html.

Pascual, O. U. (2009). Desarrollo del SCADA para la Máquina Embotelladora de la Ronera Central, empleando el Software Movicon X2 Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

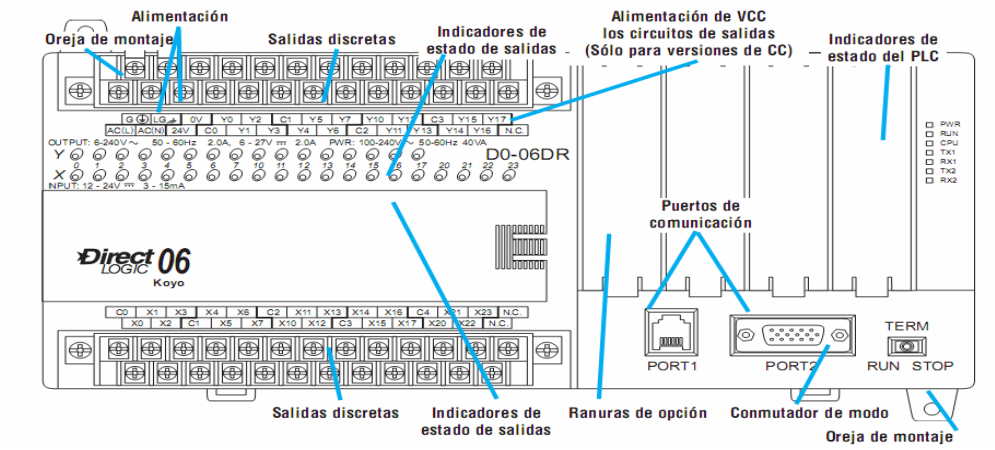
Sotpra, S. L. (2007). "Calor Solar." energía-solar-calor-solar Accedido el 7 de abril, 2011, de http://www.portalsolar.com/.

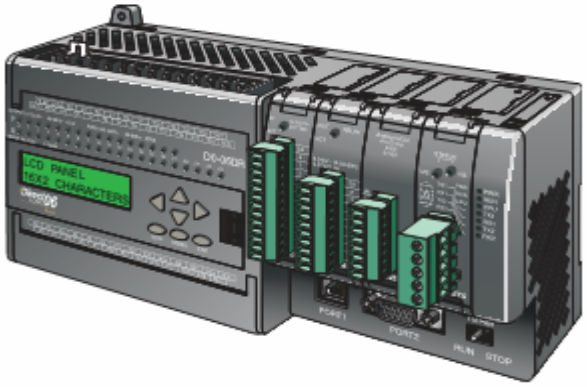
Theme, A. (2009). "Tipos de colectores solares y componentes básicos." Accedido el 12 de marzo, 2011, de http://energiadoblecero.com/energias-renovables/energia-termosolar/tipos-de-colectores-solares-y-componentes-basicos.

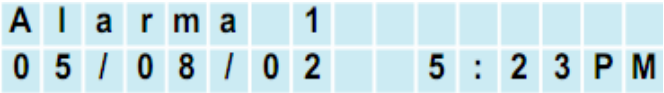
Turrini, E. (2006). La Vía del Sol. E. E. G. Rodríguez. La Habana Vieja, Ciudad de La Habana, Cuba.

ANEXOS

Anexo I *"PLC"* DirectLOGIC06.

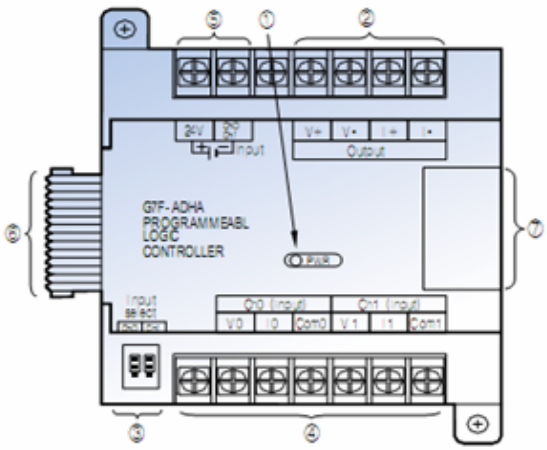






Anexo II *"PLC"* MasterK120S K7M-DR20U y en conjunto con los módulos de expansión G7F- ADHA.

Anexo III Módulo de Expansión G7F- ADHA.



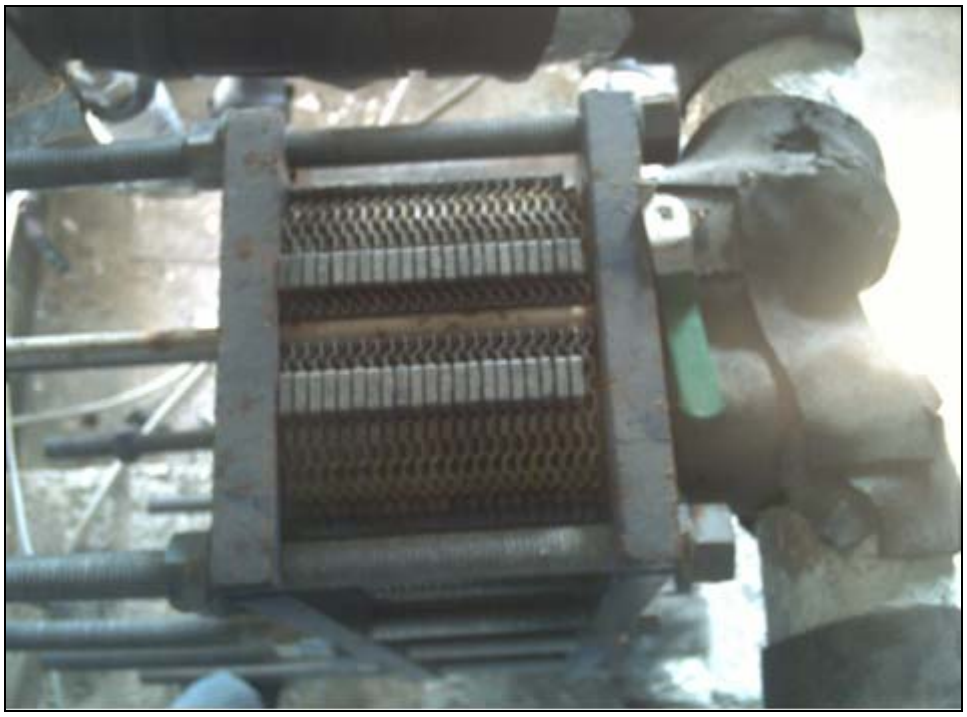
No.	Names
①	RUN LED
②	Analog Output Terminal
③	Analog Input (Voltage/current) selecting jumper pin
④	Analog Input Terminal
⑤	External Power Supply Terminal (DC24V)
⑥	Expansion Cable
⑦	Expansion Cable Connecting Terminal

Anexo IV Paneles solares empleados para la generación de agua caliente.

Anexo V Presostato.

Anexo VI Bombas empleadas para hacer circular el agua.

Anexo VII Intercambiador de placas.



Anexo VIII Tanque donde se almacena el agua (con capacidad para 4 600 litros).

Anexo IX Direcciones de memoria, marcas, bits empleados y descripción.

Direcciones de memoria, marcas y bits de control.	Descripción
Dirección de memoria:	
D4980	Temperatura del agua en el Tanque de Consumo.
D4981	Temperatura del agua en el Tanque Primario.
D4984	Temperatura del agua en el Panel solar.
D0550	Guarda el número 4 (referente a 4°C).
D0551	Guarda el número 2 (referente a 2°C).
D0552	Guarda el número 2 (referente a 2°C).
D0553	Guarda el número 1 (referente a 1°C).
D0515	Guarda el número 60 (referente a 60°C).
D0560	Guarda la temperatura del Tanque de Apoyo + 4°C.
D0561	Guarda la temperatura del Tanque de Apoyo + 2°C.
D0562	Guarda la temperatura del Tanque de Primario + 2°C.
D0563	Guarda la temperatura del Tanque de Apoyo + 1°C.
D0999	Guarda las direcciones de memoria que contienen los minutos de trabajo de los dispositivos.
D0501	Minutos de trabajo de la Bomba 1.
D0503	Minutos de trabajo de la Bomba 2.
D0505	Minutos de trabajo de la Bomba 3.

D0507	Minutos de trabajo de la Bomba 4.
D0509	Minutos de trabajo de la Bomba 5.
D0511	Minutos de trabajo de la Bomba 6.
D0513	Minutos de trabajo de las Resistencias Eléctricas.
D1000	Guarda las direcciones de memoria que contienen las horas de trabajo de los dispositivos.
D0502	Horas de trabajo de la Bomba 1.
D0504	Horas de trabajo de la Bomba 2.
D0506	Horas de trabajo de la Bomba 3.
D0508	Horas de trabajo de la Bomba 4.
D0510	Horas de trabajo de la Bomba 5.
D0512	Horas de trabajo de la Bomba 6.
D0514	Horas de trabajo de las Resistencias Eléctricas.
D3000	Incrementa números de 1 hasta 50 cada 1 segundo cíclicamente (media de 50 lecturas).
D3001	Lectura inmediata de la temperatura del agua en el tanque de consumo.
D3003	Va acumulando la lectura de la temperatura del agua en el tanque de consumo.
D3005	Lectura inmediata de la temperatura del agua en el tanque primario.
D3007	Va acumulando la lectura de la temperatura del agua en el tanque primario.
D3009	Lectura inmediata de la temperatura del agua en el panel solar.
D3011	Va acumulando la lectura de la temperatura del agua en el panel solar.

D3020	Guarda en cada ciclo las 50 lecturas del tanque de consumo
D3021	Guarda en cada ciclo las 50 lecturas del tanque primario.
D3022	Guarda en cada ciclo las 50 lecturas del panel solar primario.

Marcas:

M0270	Para activar proceso 1 (S02.01).
M0271	Para activar proceso 2 (S02.02).
M0272	Para activar proceso 3 (S02.03).
M0273	Para activar proceso 4 (S02.04).
M0274	Vuelve a realizar el ciclo (S02.00).
M040A	Orden de ON/OFF para las bombas del Circuitos primario y secundario.
M038A	Ejecuta la orden de M040A.
M040C	Orden de ON/OFF para las bombas del Circuito de recirculación o retorno.
M038C	Ejecuta la orden de M040C.
M040D	Orden de ON/OFF para el banco de resistencia.
M038D	Ejecuta la orden de M040D.
M0020	Realiza un scan (lectura) cada 1 segundo (F093).
M0120	Indica modo de operación (Manual/Automático).
M0121	Modo de trabajo en Automático.
M1900	Deshabilitar alarma (manual o a través del sistema "*SCADA*").

M011A	Estado de B1.
M011B	Estado de B2.
M012A	Estado de B3.
M012B	Estado de B4.
M013A	Estado de B5.
M013B	Estado de B6.
M014A	Estado del banco de resistencia (R1, R2, R3).
M015A	Estado del presostato 1 (P1).
M016A	Estado del presostato 2 (P2).
M0118	Alarma correspondiente al Circuito Primario.
M0128	Alarma correspondiente al Circuito Secundario.
M0138	Alarma correspondiente al Circuito de Recirculación.
M0148	Alarma correspondiente al banco de Resistencia.
M030B	Ordena alarma en caso de anomalía en los circuitos primario y secundario.
M030C	Ordena alarma en caso de anomalía en el circuito de recirculación.
M030E	Ordena alarma en caso de anomalía en las resistencias eléctricas.
M0020	Realiza una lectura cada 1 segundo (para los valores de temperatura).
M0148	Alarma correspondiente a las Resistencias Eléctricas.
M0110	Estado de P45 (salida del *"PLC"* referido al C.P y C.S).

M0130	Estado de P46 (salida del *"PLC"* referido al C.R).
M0140	Estado de P47 (salida del *"PLC"* referido a las Resistencias Eléctricas).
M0112	Orden de borrar contador de B1.
M0114	Ejecuta orden de M0112.
M0113	Orden de borrar contador de B2.
M0115	Ejecuta orden de M0113.
M0122	Orden de borrar contador de B3.
M0124	Ejecuta orden de M0122.
M0123	Orden de borrar contador de B4.
M0125	Ejecuta orden de M0123.
M0132	Orden de borrar contador de B5.
M0133	Ejecuta orden de M0132.
M0134	Orden de borrar contador de B6.
M0135	Ejecuta orden de M0134.
M0142	Orden de borrar contador de las Resistencias Eléctricas.
M0144	Ejecuta orden de M0142.

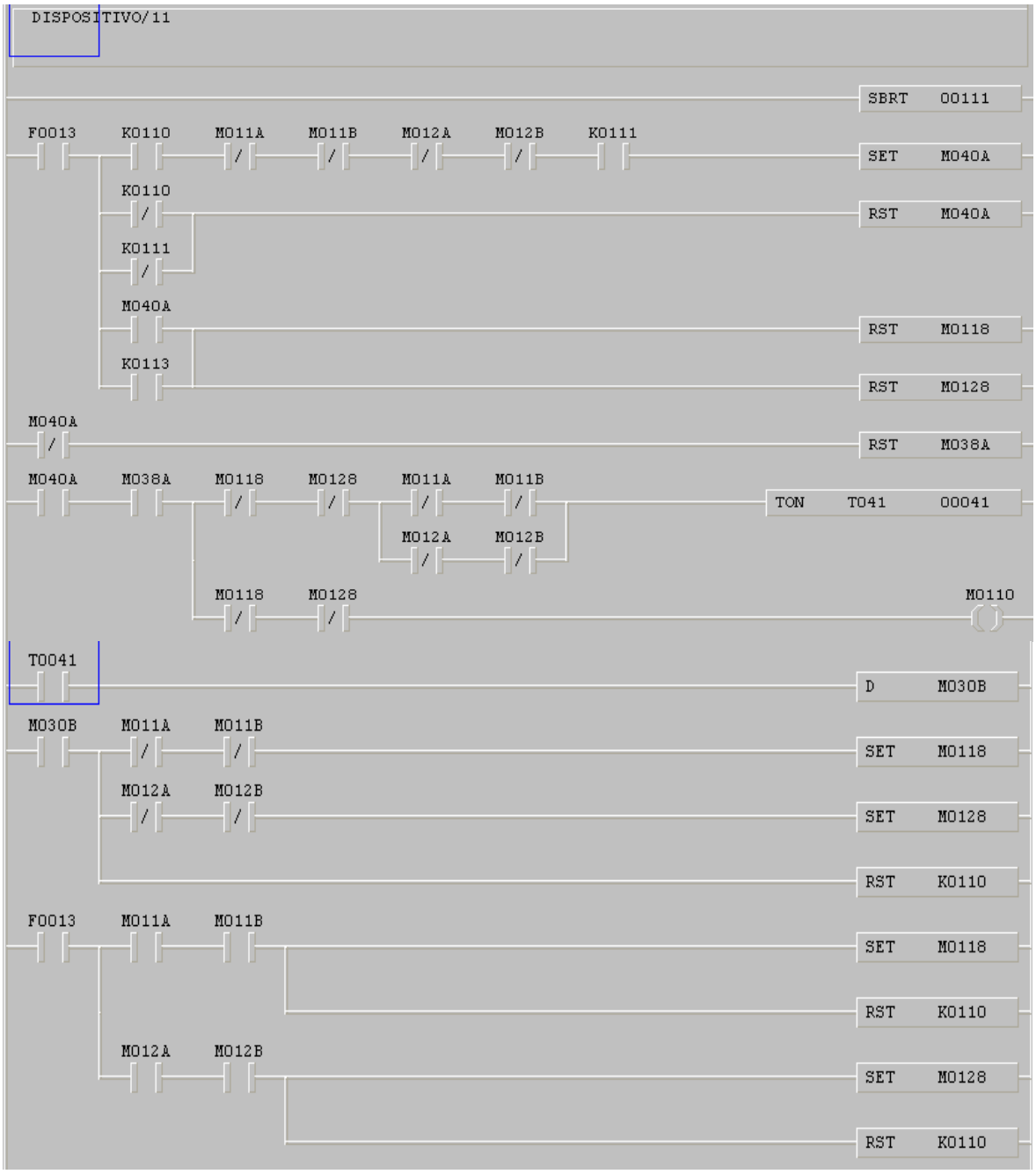
Bits interno de control:

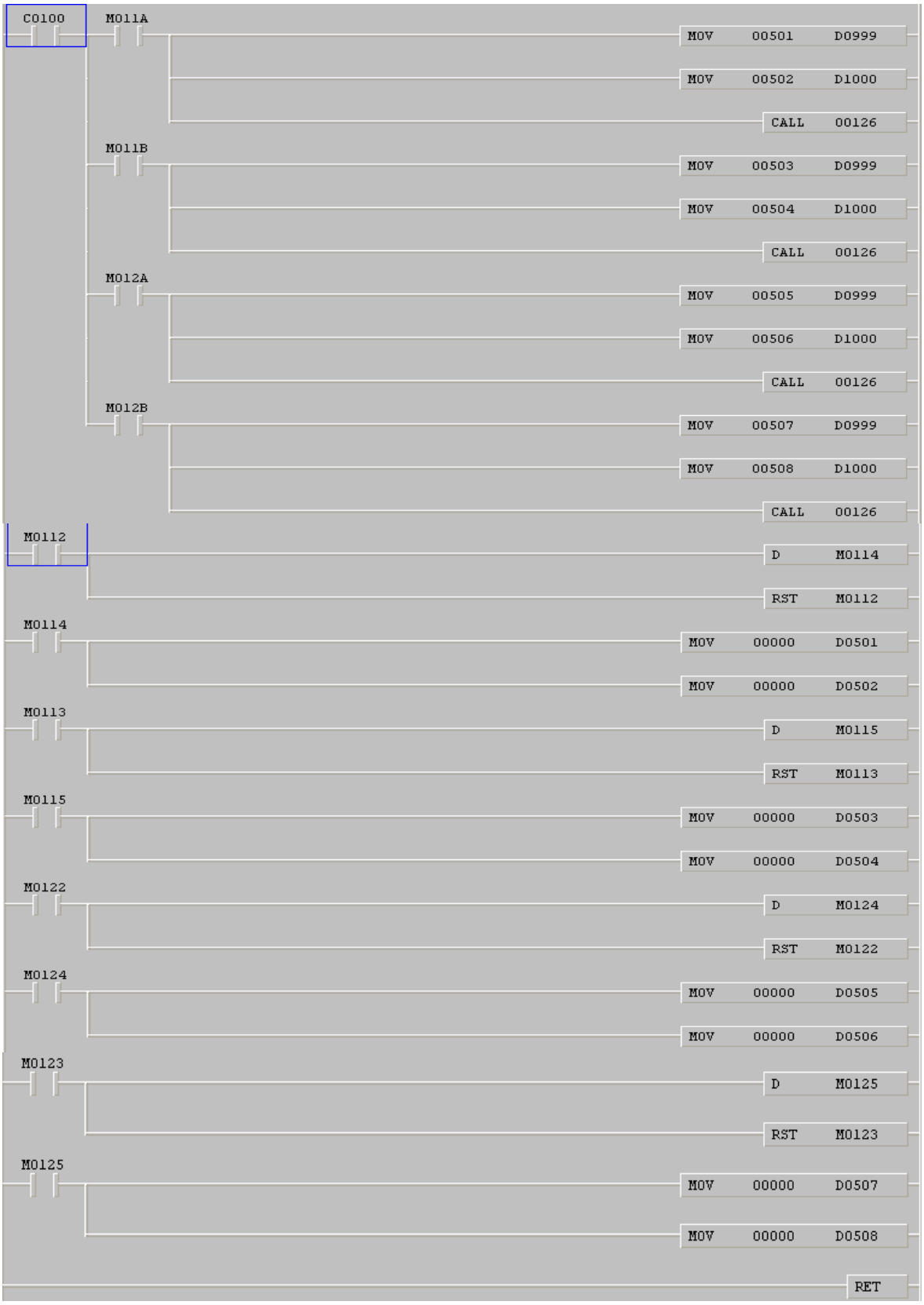
K0015	Habilita Subrutina 111.
K0035	Habilita Subrutina 113.

K0045	Habilita Subrutina 114.
K0000	Guarda la última media de 50 lectura correspondiente al Tanque de Consumo.
K0110	Habilita los Circuitos primario y secundario.
K0130	Habilita el Circuito de recirculación.
K0140	Habilita el Banco de Resistencia.
K0112	Alarma cuando hay un RESET manual.
K0113	Alarma cuando hay un RESET desde el sistema *"SCADA"*.
K0111	Habilita las bombas de los Circuitos primario y secundario.
K0131	Habilita las bombas del Circuito de recirculación.
K0141	Habilita las Resistencias Eléctricas.
K0300	Habilita Bomba 1.
K0301	Habilita Bomba 2.
K0302	Habilita Bomba 3.
K0303	Habilita Bomba 4.
K0304	Habilita Bomba 5.
K0305	Habilita Bomba 6.
K0306	Habilita Resistencias (R1, R2, R3).
K0307	Presostato 1.

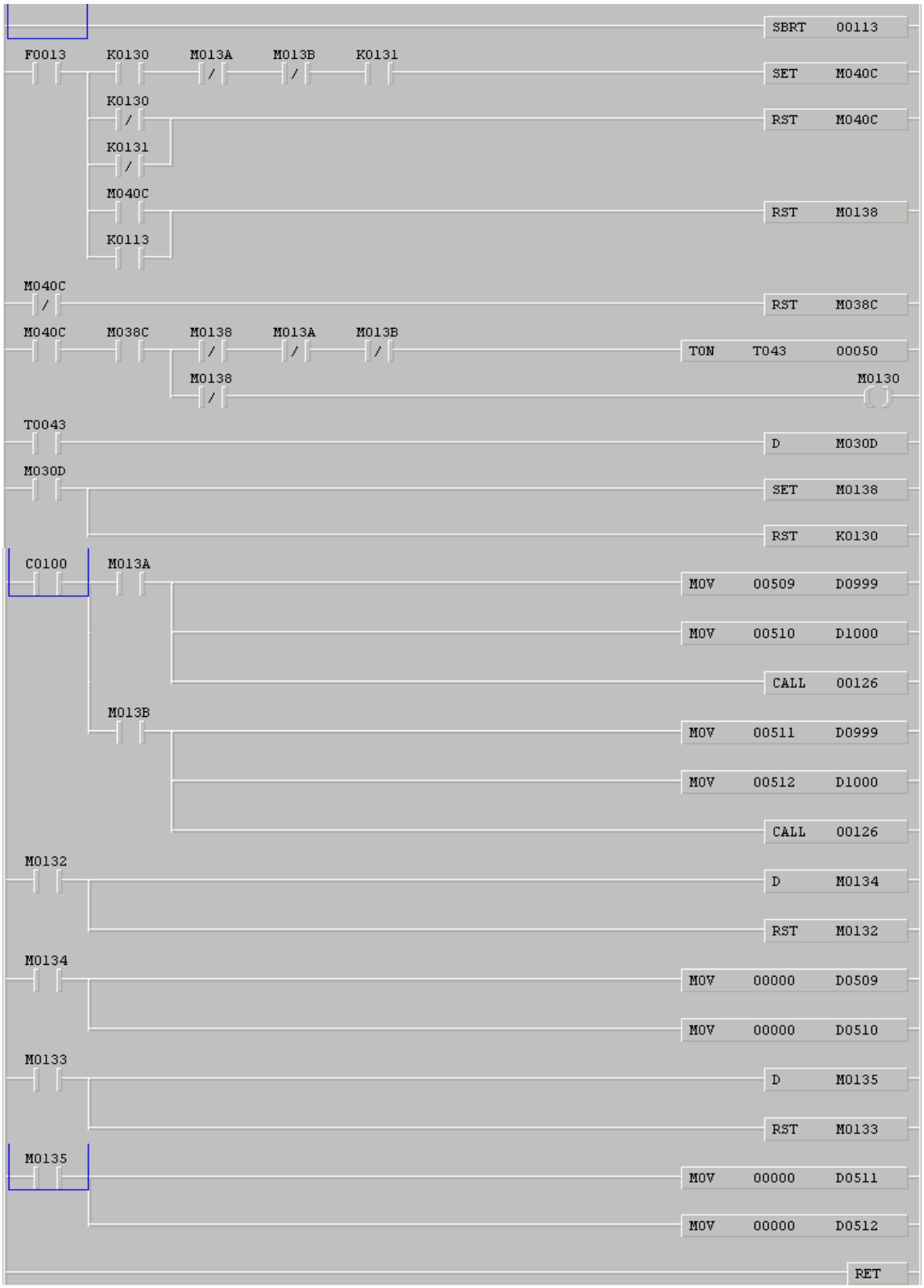
K0308	Presostato 2.
K0309	Operación Automático/Manual.

Anexo X Subrutina 111 (SBRT 00111).

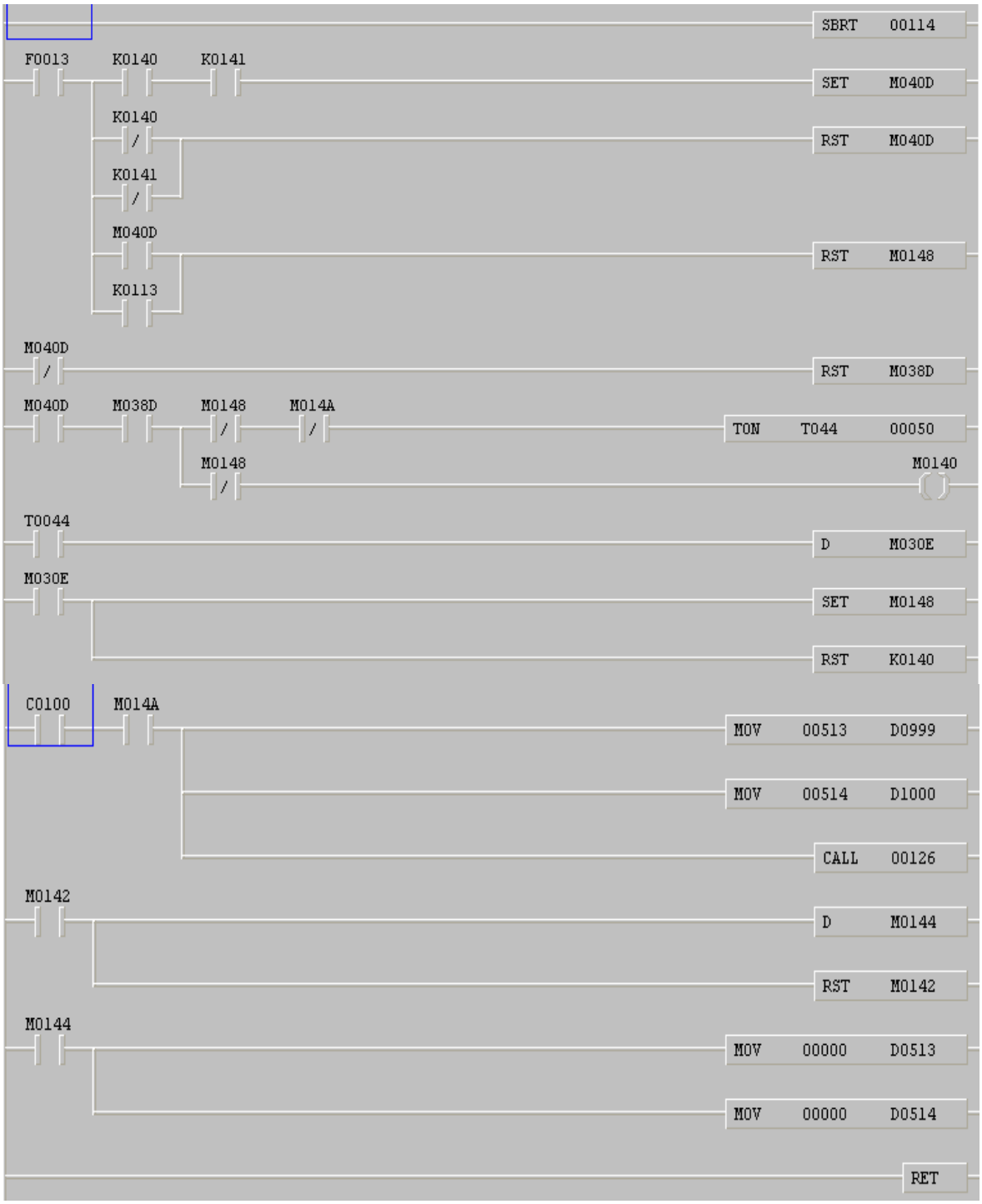



C0100
M011A
MOV 00501 D0999
MOV 00502 D1000
CALL 00126
M011B
MOV 00503 D0999
MOV 00504 D1000
CALL 00126
M012A
MOV 00505 D0999
MOV 00506 D1000
CALL 00126
M012B
MOV 00507 D0999
MOV 00508 D1000
CALL 00126
M0112
D M0114
RST M0112
M0114
MOV 00000 D0501
MOV 00000 D0502
M0113
D M0115
RST M0113
M0115
MOV 00000 D0503
MOV 00000 D0504
M0122
D M0124
RST M0122
M0124
MOV 00000 D0505
MOV 00000 D0506
M0123
D M0125
RST M0123
M0125
MOV 00000 D0507
MOV 00000 D0508
RET

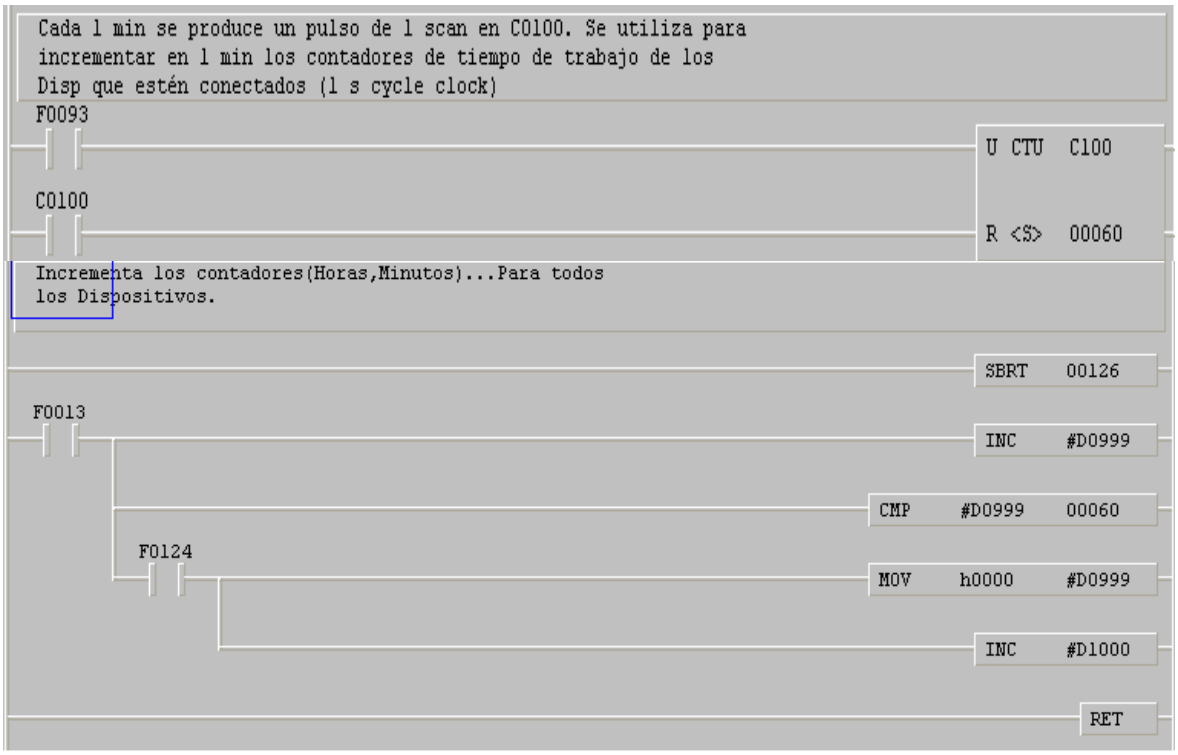
Anexo XI Subrutina 113 (SBRT 00113).



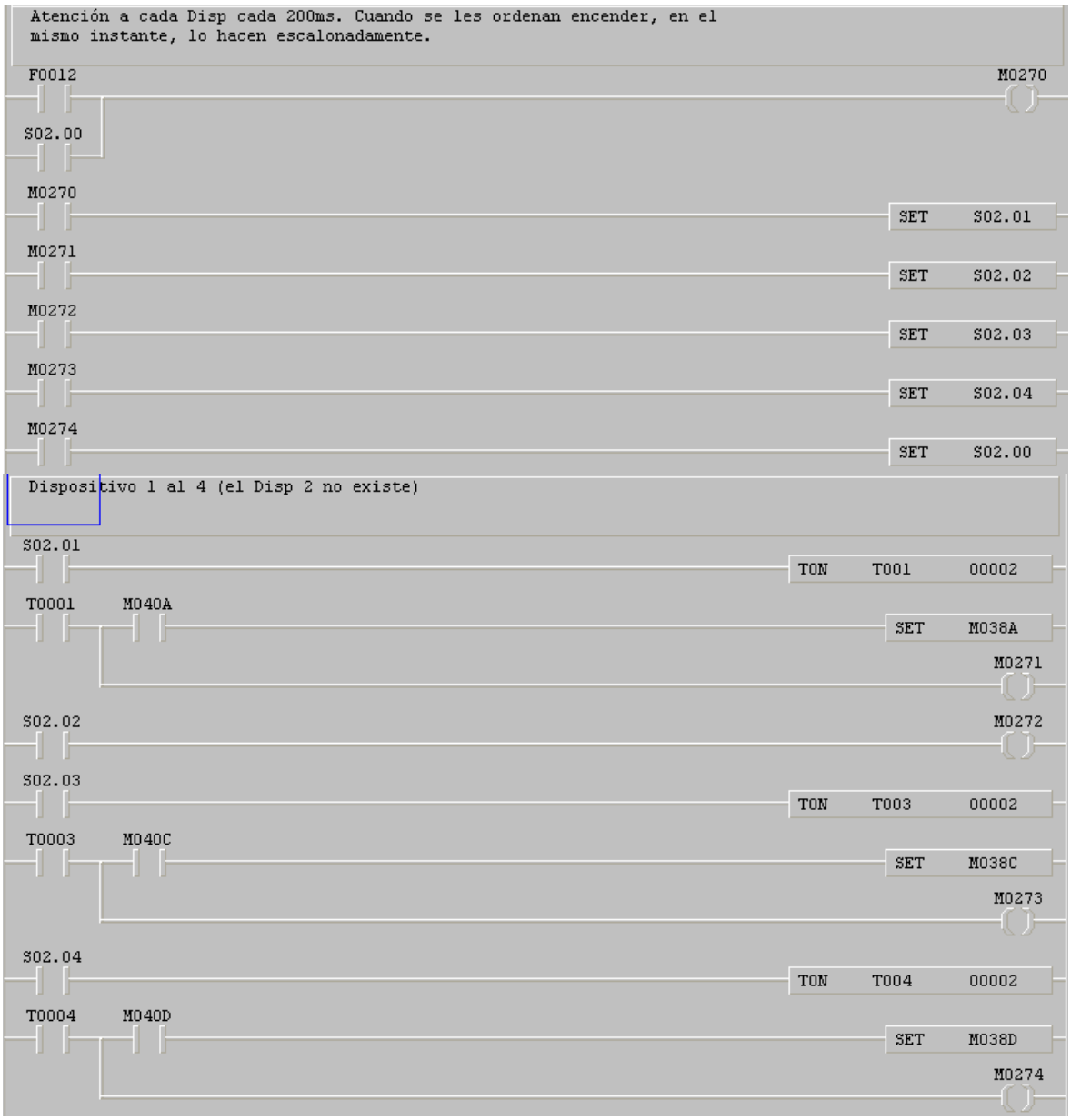
Anexo XII Subrutina 114 (SBRT 00114).



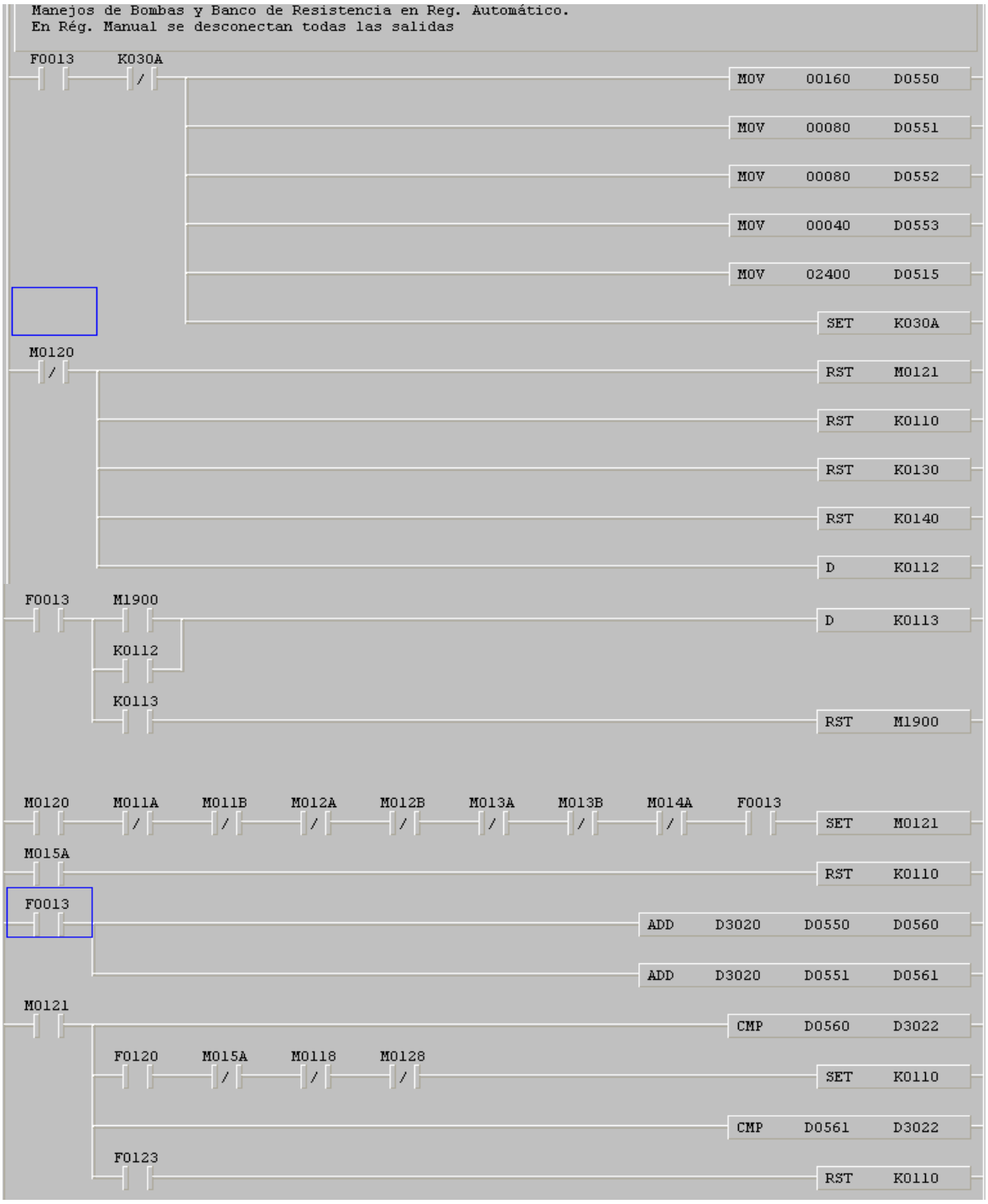
Anexo XIII Incremento de los contadores de tiempo de trabajo.

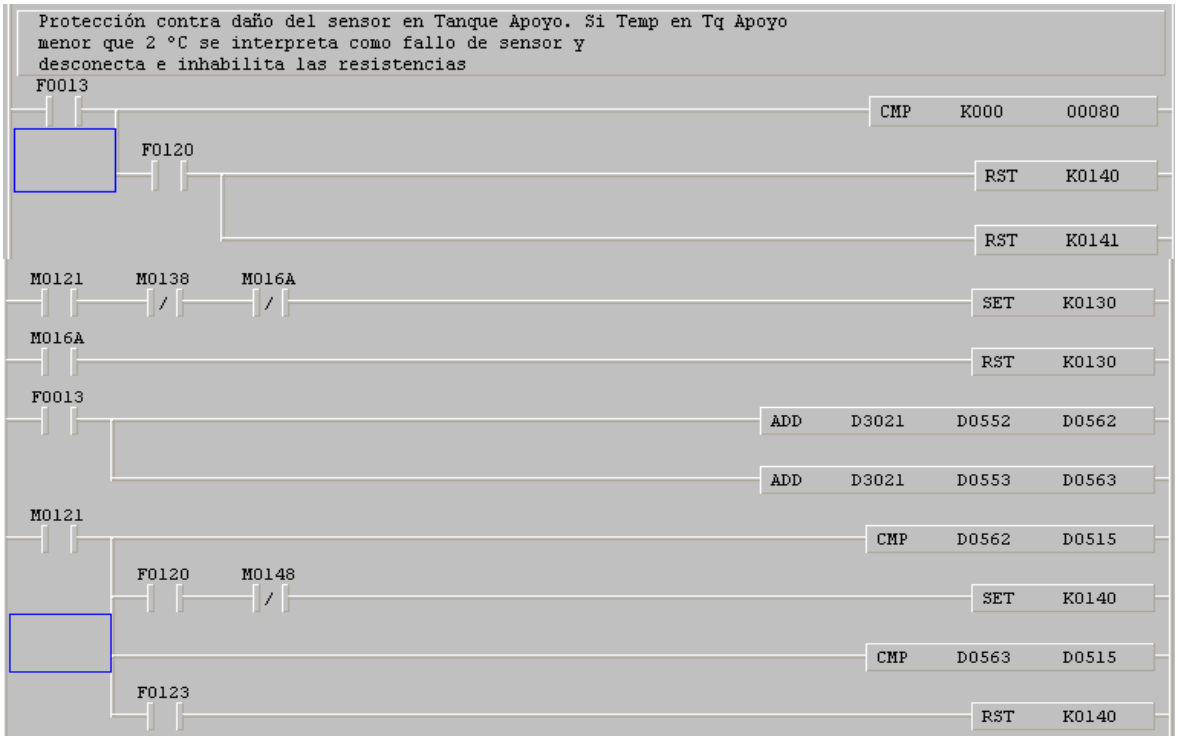


Anexo XIV Conexión secuenciada para cada dispositivo.



Anexo XV Manejo de bombas y resistencia eléctricas.




Protección contra daño del sensor en Tanque Apoyo. Si Temp en Tq Apoyo
menor que 2 °C se interpreta como fallo de sensor y
desconecta e inhabilita las resistencias
F0013
CMP K000 00080
F0120
RST K0140
RST K0141
M0121
M0138
M016A
SET K0130
M016A
RST K0130
F0013
ADD D3021 D0552 D0562
ADD D3021 D0553 D0563
M0121
CMP D0562 D0515
F0120
M0148
SET K0140
CMP D0563 D0515
F0123
RST K0140