

**ESTADO DEL ARTE DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA EMPRESA AGUAS DE  
CARTAGENA S.A. E.S.P.**

**ADRIANA PAULINA ARGUMEDO BOSSIO**

**ALEXI MARRUGO MEJÍA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**MINOR EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**Cartagena de Indias, D.T. y C.**

**2008**

**ESTADO DEL ARTE DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA EMPRESA AGUAS DE  
CARTAGENA S.A. E.S.P.**

**ADRIANA PAULINA ARGUMEDO BOSSIO**

**ALEXI MARRUGO MEJÍA**

**Monografía para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Asesor**

**PhD. José Luis Villa**

**Docente Programa de Ingenierías Eléctrica y Electrónica**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**MINOR EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**Cartagena de Indias, D.T. y C.**

**2008**

**A Dios, porque nos dio la oportunidad de elegir, estudiar  
y mantener con pasión inigualable esta carrera.**

**A nuestras familias, ya que, con su infinito amor, nos  
alentaron para enorgullecernos y no desfallecer  
en nuestro esfuerzo.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Tecnológica de Bolívar, especialmente a la Dirección de Ingenierías Eléctrica y Electrónica, por la formación integral que nos brindó y su apoyo para llevar a cabo esta monografía.

A los ingenieros Edilberto Romero Campo (Jeje del Dpto. de Telemando ACUACAR) y Hugo Guzmán Peñaranda (Ingeniero Dpto. Telemando ACUACAR), por la información proporcionada para poder culminar con éxito este análisis.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P</b>	<b>5</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL</b>	<b>7</b>
<b>3. LA PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN EN LA EMPRESA</b>	<b>9</b>
<b>3.1. NIVEL DE CAMPO</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1. Sensores y transmisores</b>	<b>9</b>
<b>3.1.2. Actuadores</b>	<b>11</b>
<b>3.1.3. Comunicación industrial</b>	<b>13</b>
<b>3.2. NIVEL SUPERVISORIO (SISTEMA SCADA)</b>	<b>17</b>
<b>3.3. NIVEL DE GESTIÓN</b>	<b>19</b>
<b>4. OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ACTIVOS EN LA EMPRESA</b>	<b>20</b>
<b>4.1. INTERRELACIÓN ENTRE LAS FUNCIONES DE LAS SECCIONES DE LA EMPRESA</b>	<b>20</b>

	<b>Pág.</b>
<b>4.2. PROCESMIENTOS ESTANDARIZADOS</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1. Depuración de códigos de programas</b>	<b>21</b>
<b>4.2.2. Calibración de instrumentos</b>	<b>21</b>
<b>5. ROL DE LOS OPERADORES</b>	<b>22</b>
<b>5.1. PROGRAMAS DE DETECCIÓN DE FALLAS Y TOMA DE DECISIONES</b>	<b>22</b>
<b>5.2. CANAL DE COMUNICACIÓN OPERADORES-INGENIEROS</b>	<b>22</b>
<b>5.3. MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE SUPERVISIÓN DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE LOS OPERADORES</b>	<b>23</b>
<b>6. EFICIENCIA EN INGENIERÍA</b>	<b>24</b>
<b>7. IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>25</b>
<b>7.1. NORMATIVIDADES MEDIO-AMBIENTALES</b>	<b>25</b>
<b>7.2. CONOCIMIENTO DE LAS NORMATIVIDADES POR PARTE DE LOS INGENIEROS</b>	<b>27</b>
<b>7.3. HERRAMIENTAS PARA EMISIONES CONTAMINANTES</b>	<b>28</b>
<b>7.3.1. Generación de Residuos Sólidos</b>	<b>28</b>
<b>7.3.2. Generación de Residuos Líquidos</b>	<b>31</b>
<b>8. CONTROL AVANZADO</b>	<b>32</b>
<b>9. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>33</b>
<b>10. SEGURIDAD INTEGRADA</b>	<b>35</b>
<b>PROBLEMÁTICAS Y SOLUCIONES A NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>37</b>

**CONCLUSIONES GENERALES**

## INTRODUCCIÓN

Debido a la gran importancia que tiene para los futuros profesionales el abordar con profundo análisis la problemática local y regional, para intervenir de manera positiva en su desarrollo, se hace necesario estudiar detalladamente la realidad y entorno que los rodea. Es por esta razón que se presenta este trabajo de investigación, el cual tiene como objetivo estudiar la realidad de la automatización en el sector Industrial de Cartagena, basado en la empresa AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.

Este trabajo consiste en establecer la existencia o no de tecnologías y prácticas profesionales relacionadas con la automatización de los procesos industriales que, en teoría, deberían estar presentes en plantas de mediano y gran tamaño. Se evalúa, con este fin, la pirámide de la automatización en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. para identificar con la mayor precisión las necesidades del sector industrial a nivel de automatización, control e instrumentación. Este es uno de varios trabajos realizados al respecto en esta empresa.

Para llevar acabo esto, lo primero que se hace es identificar en forma detallada la empresa donde se desarrolló el trabajo (AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.). Luego, se describe el proceso industrial de esta. Seguidamente, se hablará del estado del arte, donde se incluirán los tópicos mencionados en la guía otorgada por los tutores de esta monografía. Al final de este documento, se darán posibles soluciones a las problemáticas a nivel de automatización encontradas en todo el proceso de investigación, acompañada de las conclusiones generales de todo el trabajo.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio completo sobre la automatización industrial en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., conociendo los avances que la empresa tiene en dicho campo para, de esta manera, estar al tanto de tecnologías utilizadas y de sus necesidades en automatización. Lo anterior, con la finalidad de hacer un análisis crítico que nos permita, como nuevos ingenieros, conocer las falencias y fortalezas del sector industrial en Cartagena, así como las prácticas profesionales que podríamos llevar a cabo en él, ya sea para potenciarlo o para contribuir en su mejoramiento con soluciones efectivas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener la información necesaria para realizar el estudio de la automatización en la empresa la empresa AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.
- Conocer y describir el proceso industrial de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.
- Comparar cada nivel de la pirámide de automatización existente en AGUAS DE CARTAGENA, a partir de lo encontrado en los procesos de esta empresa.
- Analizar la optimización del uso de los activos en la empresa, de acuerdo con los procedimientos y programas que los involucran, así como con los

beneficios que ofrecen a la organización.

- Determinar la importancia que tienen los programas de detección de fallas y toma de decisiones en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., así como su manejo por parte de los operadores, y las causas y formas de modificación de dichos programas, de acuerdo a las necesidades de las personas que los manejen o estén involucrados con ellos de alguna manera.
- Estudiar las mejoras que la organización ha hecho a sus procesos (diseños, programas, herramientas nuevas) para alcanzar niveles superiores de seguridad y confiabilidad.
- Informarse acerca de cómo trata AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. el tema del impacto ambiental, teniendo en cuenta las normativas medioambientales y cómo las aplica a sus procesos industriales. Además, conocer si estas normas son de dominio de los trabajadores de la organización y si se realizan en la actualidad proyectos para la reducción de emisiones contaminantes.
- Visualizar el avance del control de los procesos en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., verificando si existe innovación en él y proyectos actuales o futuros para la consolidación de un control avanzado.
- Identificar la manera en la que se administra la información de la parte industrial en la empresa, para la toma de decisiones de acuerdo con lo que genera el proceso y las expectativas que se tengan con éste. Estudiar, para ello, la cultura organizacional que existe en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. y su puesta en práctica de los conceptos: ERP, IMS y MES.
- Conocer los mecanismos de seguridad integrada de la empresa para proteger a sus trabajadores y sus procesos, qué tan arraigado está este

tema y cuáles son los programas que se tienen para ello.

- Identificar las problemáticas de la empresa de acuerdo con el estudio realizado, y establecer las posibles soluciones a ello, con el fin de aportar al desarrollo industrial de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. es la empresa de servicios públicos encargada del manejo del acueducto y alcantarillado en la ciudad de Cartagena. Esta empresa fue fundada en el año de 1995, bajo carácter mixto (50% Distrito, 45% Aguas de Barcelona – AGBAR-, y 5% accionistas privados) y lleva 12 años de gestión.

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. ha incorporado tecnologías para su mantenimiento y operación, con el fin de mejorar continuamente el sistema de acueducto y alcantarillado. Esta organización tiene una cobertura de agua potable superior al 99% y de alcantarillado, superior al 82.4%. De la empresa puede decirse, además, que la continuidad de su servicio es de casi el 100%, tiene más de 180.000 usuarios, y alta calidad de agua tratada y distribuida de acuerdo con los estándares internacionales.

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. cuenta con los siguientes grupos de instalaciones físicas:

- ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA CRUDA (EBAC): Están encargadas de la captación del agua de las fuentes naturales del Canal del Dique, y bombearlas a la Planta de Tratamiento.
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE: Ubicada en el barrio Paraguay, efectúa los procesos para el correcto tratamiento del agua cruda y, así, convertirla en agua potable para el consumo humano.

- ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE (EBAP): Encargadas de la distribución del agua potable a los diferentes sectores de Cartagena.
- ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES (EBAR): Encargadas del bombeo de las aguas residuales para su disposición final.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

El proceso industrial de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. se lleva a cabo en las siguientes etapas:

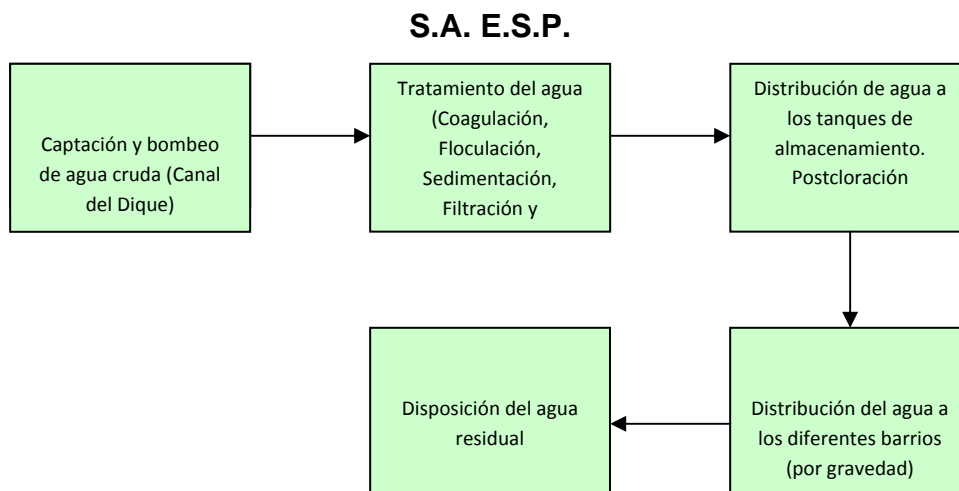
1. Captación y bombeo de Agua Cruda: El agua es captada del Canal del Dique por medio de las Estaciones de Bombeo de Agua Cruda (EBAC) Gambote (en el municipio de Gambote) y Dolores (en el corregimiento de Puerto Badel) y es conducida a través de un trayecto de 45 Km hacia la Planta de Tratamiento. En época de verano, interviene la EBAC Conejos (frente al corregimiento de Correa) la cual capta el agua de la fuente y la bombea a EBAC Dolores. Las EBAC Piedrecitas (aledaña al corregimiento de Pasacaballos) y Albornoz (en el barrio Albornoz, sector Arroz Barato) son estaciones intermedias de rebombeo.
2. Tratamiento del agua: Este proceso se lleva a cabo en la Planta de Tratamiento ubicada en el barrio Paraguay, la cual se divide en tres plantas. En estas plantas se llevan a cabo los procesos de: coagulación (con Sulfato de Aluminio), floculación, sedimentación, filtración (en los filtros de arena y carbón activado) y desinfección (con Hipoclorito -Cloro-gaseoso). Lo que se hace con estos procesos es convertir el agua cruda, o sin tratamiento, en agua apta para el consumo humano.
3. Distribución de Agua Potable: Luego de tratada el agua, se dispone a distribuirla a los diferentes tanques de almacenamiento (Las Lomas, Colinas, Nariño, Mohan, Los Morros, Ararca, Carmelo), ubicados en zonas altas, desde donde se distribuye el agua, por gravedad, hacia los diferentes sectores de Cartagena y aledaños. En cada tanque se realiza una post-cloración del agua, ya que el cloro que fue inyectado en la

Planta de Tratamiento tiende a perderse en la red de distribución y por el mismo tiempo de vida del cloro. Las EBAP se encargan mantener valores aptos de las variables de caudal, presión y, en algunos casos, el nivel de cloro residual, en las tuberías de diferentes sectores. Adicionalmente, dentro de este proceso de distribución, se tienen varias estaciones distribuidas a través de la red, los cuales permiten monitorear el caudal, la presión y el cloro, información que es transmitida al centro de control para su posterior administración.

4. Disposición del Agua Residual: El agua desechada en los diferentes sectores pasa a las tuberías de la red de alcantarillado y luego llega a las EBARes, donde es almacenada en un pozo húmedo para, posteriormente, ser bombeada hacia las profundidades de la bahía de Cartagena.

El proceso industrial descrito anteriormente puede ser visto en la Figura 1.

**Figura 1. Esquema del proceso industrial en AGUAS DE CARTAGENA**



**Fuente: Autores**

### **3. LA PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN EN AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.**

El concepto de Pirámide de Automatización se utiliza para describir los diferentes niveles de toda una solución automática. Este tipo de modelo es usado principalmente para describir los diferentes conceptos y tecnologías en diferentes niveles y definir las interfaces entre ellas.

Aunque solo algunos procesos en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. poseen control automático y los demás se encuentran telecontrolados (por un operador de Telemando), puede decirse que en todos existe la jerarquía propuesta por la Pirámide de Automatización.

#### **3.1. NIVEL DE CAMPO**

Este nivel se caracteriza por contener toda la parte física de la automatización, así como el funcionamiento de los mismos: equipos (sensores, transmisores, válvulas, actuadores), sistemas de comunicación industrial, protocolos, entre otros. En AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. este nivel está muy bien definido, e incluye lo siguiente:

##### **3.1.1. Sensores y transmisores**

Existen, entre los activos funcionales de la empresa, sensores y transmisores para la medición de variables del proceso. A continuación, se describen los equipos mencionados, dependiendo de su variable de medición.

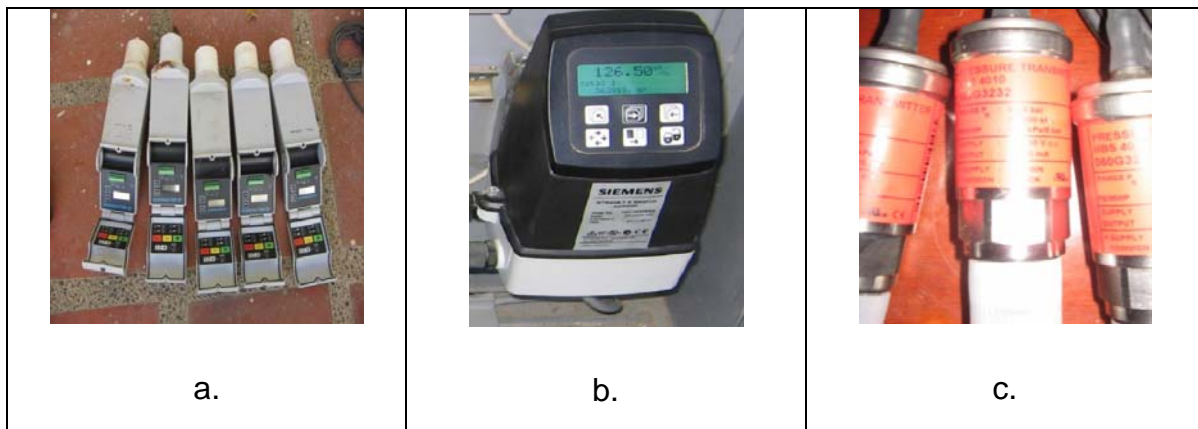


- ✓ *Sensores y Transmisores de Nivel:* Estos equipos son colocados en las dársenas (estanques de agua para captación y bombeo), en los tanques de almacenamiento de agua para su posterior distribución a la ciudad, en los tanques de hipoclorito de los sistemas de post-cloración y en los pozos húmedos de las Estaciones de Bombeo de Agua Residual. Estos sensores, en su gran mayoría, son ultrasónicos (Ver Figura 2a), pero en algunas estaciones se encuentran instalados sensores infrarrojos. En caso de falla de los sensores ultrasónicos en los pozos húmedos de las EBAREs, actúan sensores flotadores (que envían la señal cuando el nivel de agua residual los hace flotar). Los sensores de nivel existentes son los siguientes: Sonar-Bero, SITRANS LR-200, de SIEMENS y The Probe, de Milltronics.
  
- ✓ *Sensores y Transmisores de Caudal:* La medición del caudal es un parámetro muy importante para la empresa, ya que, conociendo esta variable, se actúa sobre el bombeo (en Estaciones de Bombeo de Agua Cruda) y se lleva a cabo el control de pérdidas en Cartagena y alrededores (teniendo los datos del volumen diario y mensual en cierto sector). Se utilizan dos clases de caudalímetros: electromagnéticos y ultrasónicos. Los caudalímetros electromagnéticos se encuentran en las tuberías de la red de distribución, porque son más precisos, no necesitan mantenimiento muy frecuentemente (así se evitan traumatismos en la entrega de agua al cliente), son los más económicos (teniendo en cuenta la gran cantidad de estos instrumentos utilizados en la distribución) y son aptos para el tamaño de las tuberías de distribución. Los caudalímetros ultrasónicos se encuentran en el bombeo de agua cruda y en la planta, son un poco costosos, pero se utilizan en poca cantidad, y son los más aptos para las tuberías grandes de agua cruda. Sus transmisores envían a la

RTU de la estación el caudal y el acumulado mediante una señal de 4-20mA y un pulso (en el momento de alcanzar un metro cúbico), o se le puede colocar una tarjeta MODBUS para que envíe estos datos, con este protocolo y una interfaz RS485 (Ver Figura 2b)

- ✓ Sensores y transmisores de presión: La presión en la red de acueducto debe mantenerse en unos valores específicos, dependiendo del punto de la red donde se mida, ya que esto indica un parámetro de calidad en la entrega del agua al usuario. Los transmisores de presión son Danfoss MBS4500, con elemento piezorresistivo para medir presión absoluta (Ver Figura 2c), y cubren una señal de salida de 4-20mA. Estos sensores tienen un rango de medición desde 0 a 4 o 0 a 16 bar.

**Figura 2: Sensores y Transmisores. a) Sensor de Nivel Ultrasónico Milltronics. b) Sensor y Transmisor Electromagnético de Caudal Siemens. c) Sensor y Transmisor de Presión Danfoss.**



**Fuente: Archivo fotográfico Dpto. de Telemando – AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.**

### 3.1.2. Actuadores

Los actuadores son utilizados para operar las válvulas en el tratamiento del agua y en la red de acueducto, asegurando un correcto funcionamiento en cuanto a

caudal y presión. Los actuadores eléctricos utilizados en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. son motorizados de marca Auma. El voltaje de operación disponible es de 440 V / 3 fases / 60 Hz.

Los actuadores contienen dos interruptores eléctricos de fin de carrera de la válvula, uno para la posición de válvula abierta y el otro para la posición de válvula cerrada, además de dos interruptores de torque, uno para la dirección de apertura y otro para la dirección de cierre. Todos los interruptores (límite y torque) son microswitchs tipo "snap-action" cada uno con un juego de contactos normalmente abierto y un juego de contactos normalmente cerrado. Cada actuador contiene un indicador mecánico de la posición, el cual muestra continuamente el recorrido de la válvula desde totalmente abierta hasta totalmente cerrada y viceversa.

Con respecto al control del actuador, tiene disponible un control integral con pulsadores de "abrir" y "parar", así como selectores de modo de operación "local" (en el lugar de operación) o "remoto" (desde SCADA). El actuador cuenta con un transductor electrónico de posición con una salida de 4-20 mA y con un potenciómetro de posición.

Los actuadores son de fácil calibración, prueba, mantenimiento y reparación, y están diseñados de manera que la exposición al ambiente no interfiera de manera alguna con un funcionamiento seguro. Además, poseen un volante manual en caso de que el mando remoto falle.

En cuanto a los motores de los actuadores, puede decirse que son precisos en la operación válvula-actuador, la cual se caracteriza por un alto torque de arranque, bajo torque de bloqueo y baja inercia. Los motores están totalmente separados del engranaje del actuador, y son capaces de desarrollar torque total desde el momento de arranque. Por lo anterior, se requiere un arranque directo a pleno voltaje. Todos los motores son de alto torque de arranque para facilitar la separación de la válvula de su asiento.

En la Figura 3 puede observarse un actuador colocado en la tubería de la red de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.

**Figura 3: Actuador AUMA en tubería de la red de ACUACAR**



**Fuente: Archivo fotográfico Dpto. de Telemando – AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.**

### **3.1.3. Comunicación Industrial**

El esquema de comunicaciones en los procesos de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. tiene como componentes: RTU's (Unidades Terminales Remotas) colocadas en cada estación, que se comunica con un centro de control, bien sea mediante el Procesador de Comunicaciones/MODBUS (MCP-M), en el caso del sistema MOTOROLA (en distribución, Grandes Clientes y alcantarillado), o la RTU central, en el caso del sistema ABB (en la Planta de Tratamiento y EBAC's)

El sistema completo de control en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. contiene al computador central SCADA como una estación maestra, que se comunica con las RTU's a través de "links" (enlaces) de comunicación, utilizando radio convencional, en UHF (Ultra High Frequency). El sistema de comunicación es usado para transmitir alarmas, información de estados, lecturas telemétricas, datos calculados, diagnósticos y errores de transmisión entre las RTU's y la

central. En MOTOROLA, también se usa para descargar, monitorear y depurar el programa de aplicación en el sitio (estaciones). El sistema comprende varias sub-centrales que se comunican jerárquicamente.

Solo en el caso de la Planta de Tratamiento, el sistema es cableado, con protocolo CS31 y una interfaz RS485.

El computador del centro de control, provee al usuario con control gráfico de la operación de las RTU's, incluyendo bases de datos y cambio de parámetros, y monitoreo en línea de todo el sistema. El computador central y MCP-M (MOTOROLA) se comunican usando el protocolo MODBUS. El computador central y la RTU central (ABB) se comunican mediante el protocolo CS31. Una de las funciones del centro de control es intercambiar datos con las RTU's. Puede interrogar a las RTU's por una parte de sus bases de datos en cualquier momento, pero, generalmente, tiene programada la encuesta por períodos.

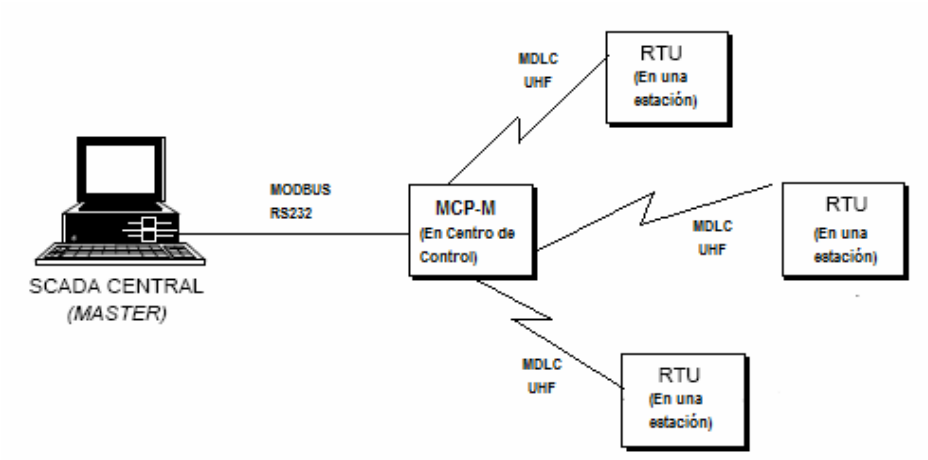
En el caso de MOTOROLA, MCP-M y las RTU's de los sitios se comunican usando el protocolo MDLC, basado en las siete capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection), y adaptado para las comunicaciones SCADA. Este protocolo provee soporte de red y multiplicidad de canales lógicos por puerto físico, habilitando sesiones central-RTU y RTU-RTU simultaneas. Además, habilita cada RTU para que corra, simultáneamente, varias sesiones de comunicación, tales como intercambio de datos, monitoreo en línea y diagnósticos, entre otros.

MCP-M actúa, pues, como FIU (Field Interface Unit) permitiendo la conexión del computador central a una red MDLC. Le permite al maestro comunicarse con cualquier RTU de la red, encapsulando el protocolo MODBUS en el protocolo MDLC. Como la FIU y las RTU's se comunican por la red MDLC, se debe mantener una tabla (tabla de sitio) que incluye el ID de sitio (Site ID) de las unidades con las cuales se comunica la FIU. La tabla de la FIU contiene el Site ID de todas las RTU's con las cuales tiene comunicación, y todas las RTU's deben contener el Site ID de la FIU.

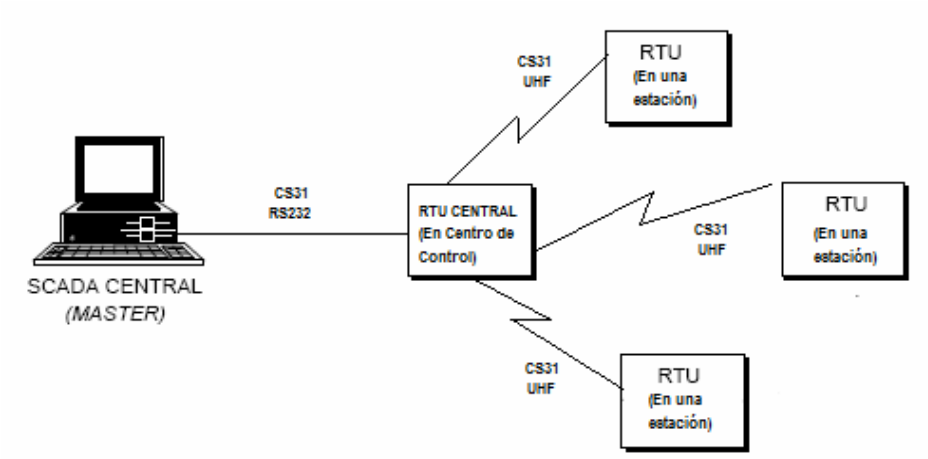
Para ABB, hay comunicación Central- RTU's mediante el protocolo CS31, y se lleva a cabo un modelo similar al de la red MOTOROLA.

En la Figura 4a se muestra el modelo de comunicación para el sistema MOTOROLA, y en la Figura 4b, se muestra el del sistema ABB.

**Figura 4a. Modelo de comunicación para el sistema MOTOROLA**



**Figura 4b. Modelo de comunicación para el sistema ABB**



**Fuente: Autores**

En cuanto a la parte de control, puede decirse que las RTU's, además de enviar la información, pueden ser utilizadas como controladores (PLC's) de un proceso individual controlado automáticamente, dependiendo de la estación. Por ejemplo, en las Estaciones de Bombeo de Agua Residual, las RTU's Motorola - MOSCAD (Ver Figura 5) se utilizan, además, para controlar el encendido y apagado de los motores de bombeo con el fin de evitar reboses en un pozo húmedo, dependiendo de la señal de nivel del mismo, además de determinar el orden de funcionamiento de las bombas según sus tiempos de trabajo.

Una RTU MOSCAD está compuesta por una CPU, módulos de I/O digitales y analógicos (con 16 canales cada uno), batería, módem y radio.

La CPU tiene dos tipos de memoria: CMOS RAM estática – SRAM (usada para guardar datos y parámetros del sistema), y una memoria FLASH segmentada (para guardar el programa del sistema y la configuración del sitio). Además, tiene pulsadores de Reset, una batería y tres puertos, con las siguientes características:

- ✓ Puerto 1: Tiene dos opciones de interfaz: RS232 y RS485, los cuales son mutuamente excluyentes. Se utilizan, generalmente, para la comunicación con los instrumentos de medición, con protocolo MODBUS.
- ✓ Puerto 2: Con interfaz RS232. Se utiliza, más que todo, para conexión con el PC o con otra RTU.
- ✓ Puerto 3: Utilizado para comunicación con el radio.

La programación de estas RTU's es realizada en lenguaje Ladder con el software MOSCAD Programming Toolbox 8.50 o 9.50.

Otros equipos que podrían considerarse controladores son los equipos dosificadores de cloro Alldos y Wallace & Tiernen en los sistemas de postcloración de los tanques de almacenamiento. A estos equipos les entra una señal de

concentración de cloro de una muestra de agua tomada del tanque y, dependiendo de dicha concentración, el equipo aumenta o disminuye la velocidad de bombeo de Hipoclorito de Sodio al Tanque de Almacenamiento. Este proceso es completamente automático.

**Figura 5: Fotografía de una RTU MOTOROLA - MOSCAD**



**Fuente: [http://www.oceancontrols.com.au/moscad/full\\_moscad.jpg](http://www.oceancontrols.com.au/moscad/full_moscad.jpg)**

### **3.2. NIVEL SUPERVISORIO (SISTEMA SCADA)**

El sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. está diseñado para cumplir las siguientes funciones:

- ✓ Tomar información de las RTU's en cada estación y mostrarla continuamente, para conocer las variables analizadas, así como el estado de los dispositivos y equipos.

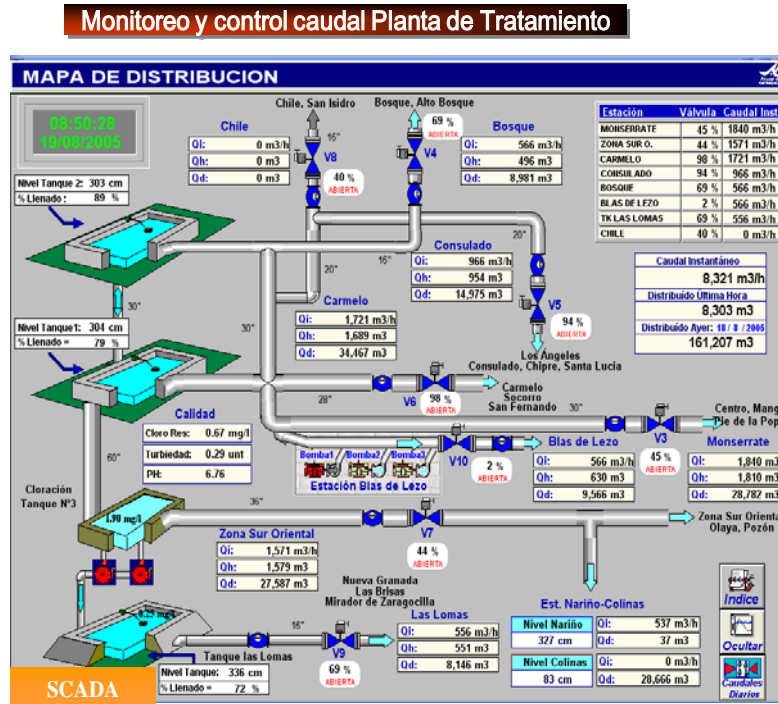


- ✓ Permitir al operador de Telemando llevar a cabo acciones de mando, como colocar o parar un bombeo en una estación determinada, o abrir o cerrar una válvula en un punto de la red.
- ✓ Mostrar la información obtenida de las diferentes RTU's en reportes o gráficos de tendencia (históricos) para que, tanto operadores como los ingenieros y el personal relacionado con el proceso, puedan conocer el estado continuo de las diferentes variables.
- ✓ Alertar acerca de los cambios ocurridos en el proceso o el estado de los equipos, por ejemplo: rebose de un tanque, fallo de comunicación con el sitio o fallo de energía eléctrica en una estación.
- ✓ Llevar a cabo algunos cálculos, mediante *Scripts*, de algunos datos como volúmenes y acumulados.

El sistema SCADA en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. funciona de la siguiente manera: los datos de las variables en las estaciones son tomados por las RTU's y llevados, por radio o cable, a las RTU's centrales, las cuales se comunican, por protocolo Modbus, con el computador central, donde se encuentra el software HMI (*Wonderware InTouch*), que presenta la información obtenida de manera gráfica y estéticamente muy agradable. (Ver Figura 6)

Figura 6. Ventana de la aplicación del sistema SCADA en ACUACAR

## ACUEDUCTO Y DISTRIBUCIÓN



Fuente: Sistema SCADA AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.

### 3.3. NIVEL DE GESTIÓN

La información obtenida en el piso de planta y mediante el sistema SCADA es tomada por diferentes gerencias de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.: Control de Pérdidas, Administrativa, Comercial, Técnica, con el fin de analizar, desde cada una, el comportamiento del proceso y tomar las decisiones al respecto y, así, lograr maximizar los beneficios de la empresa.

## **4. OPTIMIZACIÓN DEL USO DE ACTIVOS EN LA EMPRESA**

En esta parte se describirá cómo se beneficia la empresa de las secciones de operación, mantenimiento e ingeniería, además de cómo se lleva a cabo el manejo de los activos de la empresa, un aspecto fundamental cuando se trata de inversión en dinero.

### **4.1. INTERRELACIÓN DE LAS SECCIONES DE LA EMPRESA**

En AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., los departamentos de mantenimiento, operación e ingeniería se consideran independientes en sus funciones, aunque cada uno brinda un servicio a los otros, es decir, existe una interdependencia para sus labores. Actualmente se está trabajando en aumentar la consolidación, con el fin de maximizar el beneficio de la empresa.

Las funciones de operación son llevadas a cabo en la captación del agua cruda, en el transporte de la misma, en su tratamiento y, posteriormente, en la parte de acueducto y alcantarillado.

Las funciones de mantenimiento se realizan, dependiendo de los equipos, por parte del área de Electromecánica o por el área de Telemando, quienes tienen sus técnicos especializados para el mantenimiento preventivo y correctivo.

Las funciones de ingeniería son llevadas a cabo por parte de los ingenieros de cada gerencia, los cuales se encargan de determinar, en caso de que se presente un problema, las causas y soluciones para que el usuario no se vea afectado, así como las acciones para mejorar el proceso y el servicio.

## **4.2. PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS**

### **4.2.1. Depuración de códigos de programas**

La depuración de códigos de programas es llevada a cabo por parte de los ingenieros del departamento de Telemando, bien sea dependiendo de la necesidad en un momento determinado (por ejemplo, si es necesario añadir o quitar una bomba en una estación, introducir alguna variable, cambiar un parámetro, entre otros) o periódicamente para mayor organización.

La depuración de los códigos de programa es realizada bajo un procedimiento establecido internamente en el departamento, tanto en los programas Motorola (en MOSCAD Programming Toolbox 8.5 o 9.5) como ABB (CTS31), donde la idea es que los programas sean parecidos en su forma y, para estaciones del mismo tipo, en su estructura.

### **4.2.2. Calibración de instrumentos**

La calibración de los instrumentos y equipos es realizada por los técnicos del departamento de Telemando, de acuerdo con procedimientos definidos en el mismo, los cuales se encuentran incluidos en el Sistema de Gestión de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.

La calibración se realiza, mayormente, en equipos que actúan en los parámetros de calidad, tales como sensores de presión y medidores de cloro.

Cabe anotar que se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo semanal, a través de un software especializado llamado CONTEC al cual los ingenieros de Telemando le introducen una programación en cuanto a la frecuencia con las que deben hacerse los mantenimientos, y sus tareas. Estos mantenimientos son realizados por los técnicos de Telemando.

## **5. ROL DE LOS OPERADORES**

Los operadores son parte importante en el proceso industrial de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., ya que son los responsables de verificar el correcto funcionamiento de los procesos en cada una de las estaciones, aún cuando estén telecontroladas. Por lo anterior, es preciso que se les den las herramientas (equipos, hardware y software) suficientes a los operadores para que realicen a cabalidad su labor.

### **5.1. PROGRAMAS DE DETECCIÓN DE FALLAS Y TOMA DE DECISIONES**

Para la detección de fallas se utiliza el software *Wonderware InTouch* (para el sistema SCADA), el cual, como se mencionó anteriormente, se utiliza para verificar estado de las variables, alarmas, entre otros. Esta aplicación se encuentra disponible para los ingenieros de la empresa, y para los operadores cuya función es más relevante. En el caso de los operadores de Telemando, quienes están encargados de verificar y/o cambiar continuamente los estados de todas las variables, la aplicación es fundamental y su única herramienta. Cabe anotar que estos operadores son los únicos que pueden llevar a cabo el mando en las estaciones mediante el SCADA.

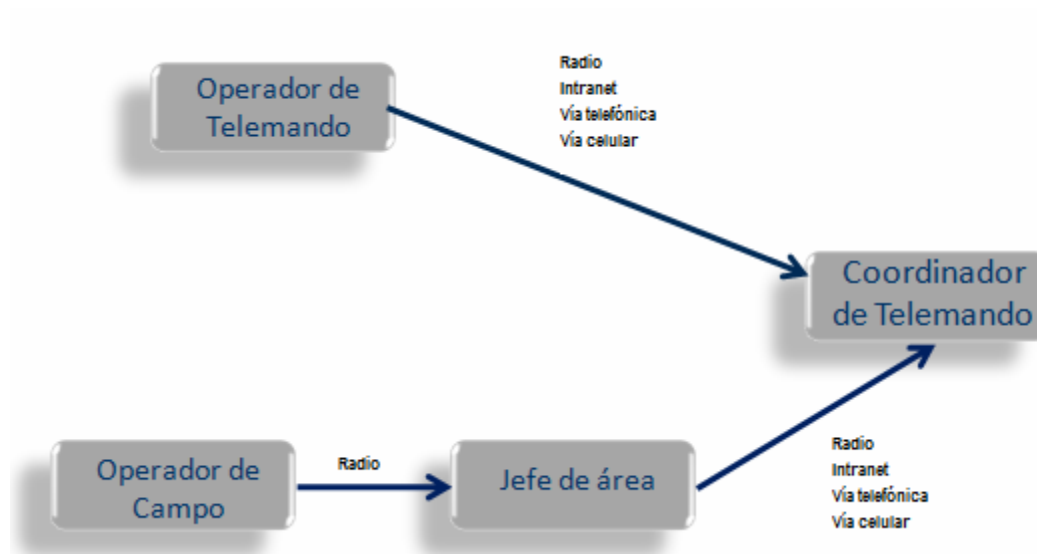
### **5.2. CANAL DE COMUNICACIÓN OPERADORES-INGENIEROS**

Para los operadores de Telemando, cuando hay una anomalía que no se pueda resolver interactuando directamente con la aplicación, ellos la comunican vía telefónica o por intranet al coordinador de Telemando, para que este tome las decisiones respectivas.

En el caso de los operadores de campo, los que estén en los sitios (planta, estaciones) y vean que algo se encuentra fuera de lo normal y que consideren riesgoso, lo informan directamente al jefe de electromecánica, de acueducto o de alcantarillado, quien se lo hará saber, también vía telefónica o por intranet, al coordinador de Telemando.

Este canal de comunicación puede observarse gráficamente en la Figura 6.

**Figura 7. Ventana de la aplicación del sistema SCADA en ACUACAR**



### **5.3. MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE SUPERVISIÓN DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE LOS OPERADORES**

A medida que los operadores de Telemando e, incluso, los ingenieros, necesiten que se haga una modificación al programa de supervisión (introducción de una nueva estación o de una variable, entre otras), ésta es llevada a cabo conjuntamente por el departamento de Telemando y por el departamento de informática.

## 6. EFICIENCIA EN INGENIERÍA

En este punto se pretende describir cómo se estudia y promueve, por parte de ingeniería, las mejoras en los procesos de la empresa, que puedan llevar a condiciones de confiabilidad y seguridad mayores.

Primero que todo es preciso decir que las herramientas de ingeniería para el proceso, en este momento, no están muy desarrolladas y no son suficientes, por lo que no podría hablarse de su escalabilidad en este momento.

Actualmente, el único programa implementado para analizar el proceso, de acuerdo a su comportamiento corriente es el *InTouch* para el sistema SCADA, el cual muestra históricos y comportamientos gráficos de las variables incluidas en cada uno de los subprocesos. Casi siempre esto se analiza mes a mes.

En AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. no existe, como tal, un software centralizado para almacenar información donde sea coherente la información de ingeniería, operación y mantenimiento. Se cuenta con software individual para cada sección.

En cuanto a la reutilización de los diseños de ingeniería, puede decirse que es lo que más se presenta, ya que casi todo es repetitivo (implementación de estaciones, entre otras) La filosofía de control permanece para los proyectos subsiguientes, es más, los programas se copian casi en su totalidad, solo se le hacen algunos cambios a las variables y a algunas condiciones que varían de estación en estación. La falencia que hay en este punto es que no se le da tanta importancia a la documentación de los proyectos (descripción) y a la administración de la información.

## **7. IMPACTO AMBIENTAL**

Uno de los tópicos actuales mas reglamentados y de alto impacto en la ciudad de Cartagena, por su característica de ciudad turística y cultural es el impacto ambiental. Por esta razón, toda empresa que maneje procesos industriales y que busca la excelencia así como el reconocimiento de su(s) proceso(s), debe contar con tecnologías para identificar y evaluar todos los aspectos medio-ambientales originados por las actividades y los procesos que ésta tenga, así como por los productos y servicios prestados a los usuarios. Para esto, cada una de estas empresas deberá cumplir con las normatividades vigentes, de manera que actúen de forma preventiva, reduciendo los impactos medio-ambientales negativos a los que pudiera estar expuesto el medio ambiente y aumentando los impactos positivos.

### **7.1. NORMATIVIDADES MEDIO-AMBIENTALES**

En **Aguas de Cartagena S.A. E.S.P** existe un Comité de Gestión de Calidad y Medio Ambiente, basado en las normas NTC-ISO 9000 e ISO 14000 respectivamente, que planifica y desarrolla un programa donde se fijan objetivos y metas así como los medios y recursos necesarios para alcanzarlos y que se fundamenta en la realización de acciones de mejoramiento que benefician a los clientes, a las entidades con las que participan, la sociedad y el entorno ó medio ambiente. A continuación, se presentan las diferentes normas en las que se soporta el sistema de Gestión de calidad y Medio Ambiente de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P..



El sistema de Gestión de Calidad y Ambiente se soporta en la siguiente normativa:

### NORMAS GENERALES

- Norma NTC-ISO 9000 (Dic. 2000) “Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario”.
- Norma NTC-ISO 9001 (Dic. 2000) “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”.
- Norma NTC-ISO 9004 (Dic. 2000) “Sistemas de Gestión de la Calidad. Directrices para la mejora del desempeño”.
- Norma NTC-ISO 14001 “Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para sus usos” (2004).
- Norma NTC-ISO 14004 “Sistema de Gestión Ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo” (2004).
- Norma NTC-ISO 19011 “Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental” (Noviembre de 2002).
- Norma NTCGP 1000:2004 Norma Técnica de Calidad en la Gestión pública.

### NORMAS ESPECIFICAS DE ÁMBITO NACIONAL

En cuanto al producto y la prestación del servicio:

- Ley 142 de 1994 “Régimen de servicios públicos domiciliarios”
- Decreto 475 de 1998 “Normas técnicas de calidad de agua potable”
- Decreto 1594 de 1984 “Usos del agua y residuos líquidos”
- Decreto 1842 de 1991 “Estatuto nacional de usuarios de servicios públicos domiciliarios”.
- Decreto 302 de 2000 “Reglamentario de la prestación de los servicios”.

- Resolución 1096 de 2000 “Reglamento Técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico” RAS
- Resoluciones de la CRA 151, 153, 155 y 156 de 2001 y 315 de 2005 mediante la cual se establecen los criterios de clasificación de riesgos para empresas prestadoras de servicios públicos.

En lo referente a la gestión ambiental de los procesos:

- Ley 99 de 1993 “Creación del Ministerio del Medio Ambiente y del SINA”
- Decreto ley 2811 de 1974 “Código Nacional de los recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente”
- Ley 9 de 1979 “Código Sanitario Nacional”
- Código penal: Ley 599 de 2000.

### NORMAS INTERNAS

- Manual de seguridad e Higiene de Aguas de Cartagena.
- Manual de Descripción de Cargos y Competencias.
- Manual de Control de Impacto Urbano.

## **7.2. CONOCIMIENTO DE LAS NORMATIVIDADES POR PARTE DE LOS INGENIEROS**

El sistema de Gestión de Calidad y Medio Ambiente está enfocado primeramente a su personal (que conozca y se capacite en el tema), seguido de sus procesos, luego los procedimientos, los controles y por último los recursos que se utilizan para garantizar la calidad de los servicios que prestan al usuario.

Dentro de las políticas de la empresa, otorgadas por la gerencia, está:

***“Para la correcta aplicación de esta política, la Gerencia garantizará los recursos, fomentará el desarrollo de sus trabajadores para crear un ambiente favorable de trabajo en equipo, utilizará tecnologías que garanticen la protección de los recursos naturales y apoyará a sus proveedores, a quienes considera sus asociados, para la búsqueda de la excelencia en el desarrollo de las actividades del negocio, comprometiéndose a mantener un sistema de mejoramiento continuo, el cual estará adecuado de manera permanente a Normas ISO 9001 e ISO 14001 ”*** Esto deja claro que la gerencia de AGUAS DE CARTAGENA está muy interesada en que su personal (Ingenieros, operadores, obreros, etc.) conozcan la gestión, lo que se ve reflejado de igual manera en uno de los objetivos planteados por la empresa en el desarrollo del plan de gestión de la Calidad y del Medio Ambiente que dice: ***“Garantizar la competencia del personal en el desempeño de sus funciones”***. Además la política reitera el cumplimiento de las normas concernientes a la calidad y el cuidado del medio ambiente que se mencionó en la sección 7.1.

### **7.3. HERRAMIENTAS PARA EMISIONES CONTAMINANTES**

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. genera, en su operación normal, básicamente tres (3) tipos de Residuos Sólidos y cuatro (4) tipos de Residuos Líquidos. Existen procedimientos para cada uno de ellos, los cuales tienen como objetivo garantizar la adecuada gestión de todos los residuos generados por la empresa, previniendo así la posibilidad de daños a las personas ó al Medio Ambiente.

#### **7.3.1. Generación de Residuos Sólidos.**

Los tres tipos de Residuos Sólidos producidos por la Empresa son:

- Residuos Sólidos comunes ú ordinarios: Son todos aquellos residuos similares a los generados en actividades comerciales y residenciales, este tipo de desechos no presentan características tóxicas, ni infecciosas y generalmente no presentan ningún tipo de riesgos si se manejan adecuadamente. Están constituidos principalmente por: Materia orgánica, papel, plástico, cartón, vidrio, chatarra, escombros, latas de aluminio y residuos de material vegetal.
- Residuos Especiales: Son los objetos, elementos ó sustancias que se abandonan, botan, desechan, descartan y que tengan características de patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables, como también los empaques y embases que los hayan contenido y los derivados de procesos de mantenimiento o tratamiento como lodos o cenizas. En AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. se ubican en esta categoría a sólidos como el algodón, gasa y metálicos cortopunzantes que se puedan generar en el dispensario médico; el lodo extraído periódicamente de los pozos húmedos, de las tuberías y canales de aguas residuales, etc.
- Sedimentos: Los sedimentos corresponden a las arenas retenidas en los procesos de presedimentación que ocurren en las Dársenas ubicadas en las estaciones de bombeo Conejos y Dolores, al igual que las retenidas en la Dársena de recirculación de la ETAP del Bosque.

Referente a los Residuos Sólidos producidos en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., existen en la empresa una serie de procedimientos a los que son sometidos estos contaminantes, los cuales son:

- Separación de Residuos: depósito selectivo, donde se almacenan los residuos procedentes de los procedimientos cotidianos de AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., teniendo en cuenta la clasificación según su

naturaleza. Dentro de cada instalación se tienen recipientes donde se depositan las basuras que se generan diariamente.

- **Recolección Interna:** La Empresa realiza una recolección de residuos en cada una de sus áreas más susceptible al deterioro del medio ambiente. En el área de producción, los residuos deben permanecer el menor tiempo posible, por lo cual, la frecuencia de recolección será de mínimo de una vez al día. Para las dependencias administrativas es el personal de aseo quien hace la recolección. El personal de mantenimiento hará lo propio con los residuos generados en su área de trabajo. Para el caso de los residuos especiales, aquellos que se producen en el laboratorio o en el dispensario médico, los responsables de designar y entrenar al personal encargado de la manipulación de dichos residuos son el Jefe de laboratorio y el Jefe de protección Física, respectivamente.
- **Almacenamiento Central:** Los residuos comunes recogidos en cada una de las instalaciones deberán depositarse previamente clasificados en recipientes plásticos claramente diferenciados por color para cada uno de los elementos: vidrio, papel, plásticos y materia orgánica. Para diferenciar los recipientes se adoptó el código de colores para los residuos institucionales establecida en la guía técnica colombiana **GTC 24** Gestión Ambiental Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente del INCONTEC
- **Tratamiento:** Esta etapa se refiere al sometimiento de los residuos a procedimientos físicos, fisicoquímicos, químicos, biológicos o bioquímicos con el fin de minimizar o eliminar los riesgos potenciales para la salud y el deterioro ambiental. Para esto se utiliza la *Esterilización* para los medios de cultivo e identificación bacteriana. En este las bolsas con residuos son colocadas en la cámara del autoclave y se somete por un tiempo determinado a los efectos de la temperatura y la presión. Otro proceso al

cual se someten estos residuos es a la *Desinfección* la cual se usa para los residuos especiales generados en el dispensario médico y consiste en sumergirlos en una solución de hipoclorito.

### **7.3.2. Generación de Residuos Líquidos.**

Los residuos líquidos producidos por AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. en su operación normal son:

- *Aguas servidas domesticas:* son aguas residuales que provienen de las diferentes oficinas y centros operativos. Estas son evacuadas a través del sistema de alcantarillado de la ciudad.
- *Efluentes líquidos:* Corresponden a los generados en los distintos procesos analíticos del laboratorio, como son las muestras y los sobrantes de las mismas ya analizadas, al igual que los reactivos caducos o alterados.
- *Aceites y asimilables:* Se generan en las operaciones de mantenimiento. Comprenden los combustibles, lubricantes, líquidos e frenos, dirección, grasas empleados por los diferentes equipos y maquinaria usadas en las operaciones de la empresa como vehículos, electro-bombas, transformadores, interruptores.
- *Aguas de abatimiento:* Son aquellas que se generan en las reparaciones e instalaciones de tuberías y obras civiles como producto el achique en las excavaciones de las aguas provenientes del nivel freático y de fugas de las tuberías existentes.

## 8. CONTROL AVANZADO

El control avanzado implementado en una empresa permite que, en un punto de operación estable del proceso de planta, se presenten condiciones de predictibilidad, multivariabilidad y optimización.

Sin embargo, en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. no puede hablarse de un proceso en un punto de operación completamente estable (aún hay cosas que dependen de la planeación diaria), de hecho, no hay un sistema de control bien definido. Casi todo se encuentra bajo telemando, depende de la acción del operador de Telemando sobre el sistema SCADA. Lo que se encuentra controlado automáticamente son las estaciones de bombeo de agua residual, las postcloraciones y algunos sistemas de control de presión en la red.

En la empresa no hay una sección de ingeniería de proceso, y los ingenieros de planta no tienen la formación en prácticas y técnicas en control avanzado. Tampoco hay afiliación de los ingenieros a sociedades profesionales como ISA o IEEE, y no se cuenta con convenios con universidades, institutos o centros de investigación para evaluar proyectos de control avanzado.

Para hablar de proyectos de control avanzado, es preciso que se implemente primero un control básico en el proceso y se espere a que éste se encuentre en un punto de operación estable. En este momento, la empresa se preocupa más por la cobertura de sus servicios, que por invertir en proyectos de automatización. A lo anterior, cabe agregar que AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. es una empresa de carácter social, más que económico, además de que, de lo que se produce, solo el 40% se alcanza a recibir (el 60% se traduce en pérdidas, más que todo por robo de agua en la red), cosa que afecta, indudablemente, la inversión en proyectos de automatización.

## 9. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Esta sección trata de cómo puede ser accesible para las diferentes dependencias de la empresa, la información generada en el piso de planta. Un sistema computacional integrado, en línea, que plasma la acumulación de métodos y herramientas utilizadas para lograr mayor eficiencia en la producción es lo que se necesita para que personal tales como vendedores, puedan tomar decisiones y negociar de acuerdo a la realidad de la planta. Lograr este nivel de toma de decisiones requiere una cultura organizacional adecuada y herramientas tipo ERP (Enterprise Resource Planning) y MES (Manufacturing Execution System) que funcionen correctamente.

Un ERP es un sistema integrador de los datos y de los procesos de una organización, el cual incluye múltiples componentes de software y hardware para lograr dicha integración. Un aspecto importante de la mayoría de los sistemas ERP es el uso de una base de datos unificados para almacenar datos de varios sistemas modulares.

Un MES es un sistema usado por las compañías para medir y controlar actividades de producción críticas, unificando los procesos de manufactura centrales, con un sistema de valor de entrega enfocado a los requerimientos y demanda de los clientes. Es un sistema para la toma de decisiones o una interfaz de comunicación entre el nivel de automatización y en nivel ERP.

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. es una empresa que maneja la información por departamentos independientes, con hardware y software separado, por lo que puede decirse que no posee herramientas como ERP o MES. Desde sus comienzos ha funcionado de esta manera. Hoy día, la empresa no ve la necesidad de tener un sistema integrado para administrar la información debido a la



estructura de la planta. Se cree que para poder mantener la estabilidad de la empresa no se necesita aún un sistema de este tipo. Cabe resaltar que AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. reconoce la importancia de manejar un sistema que administre toda la información que arrojen cada uno de los departamentos de la empresa en un solo punto, pero, por el momento, el personal, como los ingenieros, no está familiarizado con estos temas y no se han evaluado proyectos de implementación de estos sistemas en la empresa, pero sí se tiene la proyección (por parte de los directivos) de crear una cultura organizacional en este tema, en un momento en el que se haga más notoria la necesidad y se pueda realizar una buena inversión en ello.

## **10.SEGURIDAD INTEGRADA**

En este punto se hará referencia a la manera como se maneja el sistema de seguridad en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., en el contexto de la integridad de los activos, del personal, de los sistemas y de los datos.

AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. se preocupa por la seguridad, por lo que está en el proceso de implementación de este tema y está buscando la certificación. Actualmente se está madurando mucho en ello, y puede decirse que a tópicos como Seguridad Industrial y Salud Ocupacional se les está dando un valor muy importante actualmente. De hecho, se tienen normas específicas de utilización de elementos protectores (cascos, botas de seguridad, máscaras) y procedimientos, de acuerdo a la estación, y existe un departamento dedicado a ello. Además, se tiene vinculación con ARP's que promueven la salud ocupacional y programas de minimización de riesgos profesionales.

En cuanto a los programas actuales para aumentar la seguridad, puede decirse que el departamento encargado de ello ya utiliza un software independiente del sistema de control. En la empresa se consideró que no era conveniente tener el software de seguridad y el de control en uno solo, por las finalidades diferentes y la gran cantidad de variables que juntas representarían. Sin embargo, podrían implementarse sistemas de alarmas para las estaciones y equipos, que puedan ser supervisadas en el software del sistema de control.

Respecto a la seguridad en los sistemas de información de la planta y de los datos, cabe anotar que en AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. existen dos departamentos que trabajan por mantener la confiabilidad y hacer cada vez menos vulnerable la información interna: Informática y Telecomunicaciones. En estos

departamentos se hacen, continuamente, pruebas de confiabilidad de los datos y de la información.

## PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES A NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN

Primero que todo, hay que decir que nos encontramos frente a una empresa cuyo control automático no está tan desarrollado. No hay, como tal, un nivel concreto de control independiente. Todo se encuentra controlado manualmente o por telemando, exceptuando las Estaciones de Bombeo de Agua Residual (EBARes), las postcloraciones en los tanques de almacenamiento y algunos sistemas de presión (sensor-actuador-válvula) en la red de distribución.

Se puede hacer un listado de diferentes aspectos que serían importantes para mejorar el desempeño de la empresa, a nivel de automatización industrial:

- Creación de un departamento para planeación en automatización (o de automatización de procesos). Hace falta ingeniería de procesos. Este es un factor importante en lo que AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P. debe invertir, ya que en este departamento se podrían generar ideas de optimización de los recursos (y control de pérdidas en la red de distribución), que conlleve a mayores beneficios para la empresa.
- Automatización de dosificación de químicos (Sulfato de Aluminio e Hipoclorito de Sodio): este proceso, que se lleva a cabo en la planta de tratamiento, puede ser automatizado, creando una práctica “stand-alone” con la programación de rutinas de control automático para cada químico. De esta manera, se optimiza el personal operativo.

- Automatización del lavado de filtros y sedimentadores, teniendo en cuenta los tiempos de lavado, y sin alteración del parámetro de turbiedad. Esto reduciría mucho el tiempo de limpieza, y evitaría la intervención de tanto personal en esta tarea.
  
- Ahorro de energía con control predictivo de demanda: rutinas de programación con base en dietas que proyecten el consumo de agua en horas pico y anticipen el encendido de bombas.
  
- Implementar un software CMMS para optimizar el mantenimiento. Esto ayudaría a que el trabajo de las cuadrillas de mantenimiento sea más efectivo, correspondiendo a los indicadores de gestión. Esto debe incluir la creación de órdenes de trabajo (con horarios, costos, asignación de personal, causas de los problemas, entre otros), mantenimiento preventivo (con grabación de los trabajos e inspecciones, check-lists, listas de materiales requeridos, etc.), control de inventario (especificación de la utilización de las herramientas y su ubicación) y seguridad.
  
- Implementar un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES), que le traería beneficios a la empresa, ya que ofrecería:
  - Conocimiento histórico del desempeño, para atacar la variabilidad del proceso y mejorando la eficiencia en la producción y el tiempo de utilización de los equipos.
  
  - Reconocimiento en tiempo real de los parámetros críticos del proceso.

- Obtención de índices para optimizar la eficiencia de los recursos.
  - Reducción de: tiempos de ciclos de producción, de los tiempos muertos, del trabajo en los procesos.
  - Mejoría en la calidad del agua entregada.
  - Mejoría en la planificación de los procesos.
- 
- Trabajar en la implementación de un buen sistema ERP, que permita la integración eficaz de los procesos llevados a cabo en la empresa y, así, mejorar la coordinación de las aplicaciones y de los recursos importantes. Para ello, es necesario tener en cuenta, también, aspectos de tecnología disponible e información. Es preciso, inicialmente, entrar en un proceso de documentación, organización y capacitación que le permita a la empresa conocerse más y aprovechar las oportunidades del entorno.

## CONCLUSIONES

Luego de llevar a cabo este análisis del estado de la automatización en la empresa AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., se puede concluir lo siguiente:

- En la empresa estudiada, casi la totalidad de los subprocesos son de telemando, debido a la naturaleza de los mismos (abrir-cerrar válvulas, encender-apagar un motor, entre otras), y unos cuantos procesos se basan en un control automático definido (en las estaciones con control independiente). La tecnología existente en automatización es buena y permite llevar a cabalidad su proceso diario, siempre con la posibilidad de mejorarlo. Esto representa una oportunidad para que se realicen proyectos en automatización, con el fin de perfeccionar el proceso de la empresa y se optimicen sus recursos, en asociación con profesionales en el área y diferentes grupos de investigación en la ciudad.
- Existe una organización en la ubicación de los equipos y sistemas instalados. Esto permite a la empresa llevar a cabo un control adecuado conforme con las necesidades de los usuarios y de ella misma.
- El sector industrial en Cartagena está creciendo y desarrollándose en este momento, y podemos tomar como ejemplo de ello a AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P., la cual es una de las empresas más importantes de este sector. Por lo anterior, como nuevos ingenieros, tenemos un gran reto para mantener e, incluso, mejorar los procesos del sector industrial,

poniendo en práctica los conocimientos en automatización y, de esta manera, aportar al desarrollo tecnológico de nuestra ciudad.