

Aplicación informática para la gestión de la información brindada por SCADA en la empresa Aguas de La Habana*

Randy Plasencia Herrera

randyp@ahabana.co.cu

Especialidad: Ingeniería informática

Universidad de las Ciencias Informáticas (Cuba).

Resumen: Se desarrolló una aplicación informática para dispositivos móviles sobre el sistema operativo Android, que permita conectarse al SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) de la empresa Aguas de La Habana, para monitorear las distintas variables suministradas por el mismo y facilitar la oportuna toma de decisiones. Se utilizó tecnología informática inalámbrica GPRS, con la cual se logró la movilidad al momento de controlar remotamente los parámetros. Se le incorporaron gráficos estadísticos para saber con exactitud cómo se han desarrollado estas variables en el tiempo. Se utilizó XP como metodología de desarrollo de software y las herramientas utilizadas fueron el IDE Android Studio, el celular Samsung Galaxy Grand Prime, la base de datos SQL Server, la librería gráfica Mikephil, XML para la interfaz gráfica, JAVA como lenguaje de programación y la tarjeta Sim con GPRS para la conexión. Se obtuvo una mejor eficiencia en el monitoreo, una herramienta potente de toma de decisiones. Se optimizaron recursos humanos, económicos y de tiempo, llevando la automatización del proceso existente a un nivel superior donde se le permitió a los decisores interactuar con el SCADA desde el celular. De forma general, mejora la calidad del servicio, permite la optimización y humanización del trabajo y la realización de nuevas operaciones automáticas.

Palabras clave: SCADA; móvil; GPRS; Android; toma de decisiones; XP.

* Recibido: 13 febrero 2017 / Aceptado: 21 noviembre 2017.

Computer application for the management of the information provided by SCADA in the company Aguas de la Habana

Abstract: A computer application for mobile devices was developed on the Android operating system, which allows connecting to the SCADA (Supervision, Control and Data Acquisition) of the company Aguas de La Habana, to monitor the different variables provided by it and facilitate the timely decision of decisions. GPRS wireless computing technology was used, with which mobility was achieved when remotely controlling the parameters. Statistical graphs were incorporated to know exactly how these variables have developed over time. XP was used as a software development methodology and the tools used were the IDE Android Studio, the Samsung Galaxy Grand Prime phone, the SQL Server database, the Mikephil graphics library, XML for the graphic interface, JAVA as a programming language and Sim card with GPRS for connection. Better monitoring efficiency was obtained, a powerful decision-making tool. Human, economic and time resources were optimized, taking the automation of the existing process to a higher level where the decision makers were allowed to interact with the SCADA from the cell phone. In general, it improves the quality of the service, allows the optimization and humanization of the work and the realization of new automatic operations.

Key words: SCADA; mobile; GPRS; Android; decision makers; XP.

Introducción

La toma de decisiones constituye un proceso imprescindible para el adecuado y acertado funcionamiento de una organización. Precisamente esta eficiente y efectiva implementación recae en manos de aquellos individuos que tienen la responsabilidad de tomar decisiones, es decir, los directivos de las Organizaciones (Rodríguez & Pinto, 2014).

En la actualidad las empresas se ven regidas por el ambiente global en el que se desempeñan, el cual es altamente competitivo y exige una constante toma de decisiones estratégicas si se busca permanecer en el mercado de manera exitosa y rentable. Esta situación lleva a las organizaciones a enfrentar los mercados con cautela al optimizar sus recursos (Castro, 2015).

La importancia de la información para las organizaciones radica en que es un recurso esencial, estas la utilizan al desempeñar sus operaciones diarias y de manera estratégica para la búsqueda de un alto nivel competitivo y crecimiento. En este sentido una opción muy válida para hacer crecer el valor de este recurso es integrarla y tenerla disponible en el momento adecuado para que pueda ser analizada por los decisores. Es ahí que las herramientas tecnológicas juegan un papel decisivo al integrar los datos y aumentar el valor que aportan los mismos para la empresa (Castro, 2015).

El impetuoso desarrollo tecnológico genera un gran impacto en todos los ámbitos y niveles de la sociedad actual y condiciona las relaciones que establecen los seres humanos entre ellos. Cada día se evidencia más la dependencia de las TI (Tecnologías de la Información) en las organizaciones para lograr mejorar su funcionamiento y evolución de sus procesos de negocio, así como la información que necesitan para tomar todas sus decisiones operacionales, tácticas y estratégicas (Santos, 2009).

El software ha constituido una herramienta decisiva para ello, contribuyendo al aumento de la productividad de muchas empresas en medio de una economía global cada vez más dependiente del conocimiento (Santos, 2009) e incorporando soluciones para los diferentes tipos de problemas. La producción de softwares y la prestación de servicios asociados se han convertido en actividades económicas muy importantes, capaces de crear ganancias por intermedio de las exportaciones de productos y servicios, incluso a distancia.

El poderoso auge de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha cambiado los paradigmas y estrategias reconocidas y establecidas por muchos años como válidas. Dentro de las TIC, la industria del software alcanza una posición relevante, por su característica de controlar o hacer accesible, en la mayoría de los casos, los adelantos electrónicos. Un ejemplo de ello se encuentra al analizar los modernos sistemas de posicionamiento global (GPS) instalados en los autos que permiten la navegación orientada dentro de las grandes ciudades. Estos dispositivos requieren de un software que proporcione la interfaz que las personas necesitan para entender los datos ofrecidos por el sistema (Santos, 2009). Otro adelanto de los últimos años es el surgimiento de los dispositivos móviles y su utilización para, entre otras cosas, gestionar los procesos de las empresas.

El rápido crecimiento de los teléfonos inteligentes y de las tiendas de aplicaciones ha introducido una amplia gama de aplicaciones móviles en el mercado, estimulando la fascinación de los clientes con sus nuevos teléfonos de alta tecnología. Muchas de estas aplicaciones hacen uso de las cámaras de los teléfonos inteligentes, GPS y del acceso a Internet, lo que da lugar a nuevas características que muchos consumidores encuentran útiles (Sundberg, Lozanova & Fall, 2011).

Estos dispositivos se han equipado con varias vías de comunicación como son Bluetooth, Wifi, servicio general de paquetes vía radio (GPRS), entre otras, que le permiten enviar y recibir datos e información en tiempo real, haciendo que las personas cada día estén más conectadas. En Cuba una de las variantes más usadas es la GPRS, la cual es una evolución del sistema global para las comunicaciones móviles (GSM).

Las principales características de GPRS son la transmisión de datos no conmutados o por paquetes (frente a la conmutación por circuitos existente hoy en GSM) y su mayor velocidad de transmisión (de 56 a 144 Kbit/segundo). Además, GPRS proporciona una mayor eficacia en el acceso a Internet y a redes corporativas, gracias a la extensión del protocolo IP hasta el terminal móvil. En general, GPRS está posicionado como un estándar de transición a sistemas de mayor velocidad. Mediante GPRS es posible en las redes 2G o 3G acceder a internet, usar el correo electrónico, los mensajes SMS y MMS y la navegación WAP en dispositivos sencillos (Carrodeguas, 2017).

Para insertarse en este mundo tan competitivo las empresas necesitan modernizarse, utilizando para sí los adelantos que ofrecen los nuevos descubrimientos y aplicarlos para lograr ventajas estratégicas.

Con el objetivo de facilitar las tareas de los operarios, en cuanto a verificación y control de los procesos, es que surge la supervisión con ordenador que permitió la aparición de los sistemas SCADA, conectados a través de uno a varios controladores lógicos programable (PLC) (Brito & Ballesteros, 2016).

El SCADA es una aplicación de software, con acceso a una planta mediante comunicación digital con los instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica del alto nivel con el usuario. Este nuevo enfoque propone la evolución del control y supervisión hacia sistemas basados en ordenadores. Esto proporciona que los ordenadores realicen diferentes tareas tales como: gestión de datos, visualización de la información, intercambio de información a través de la red de ordenadores, entre otros (Vilanova, 2007; Pérez, 2015).

Los sistemas SCADA, en sus orígenes, no estaban orientados a las nuevas tecnologías predominantes en la actualidad; como las relacionadas con telefonía celular o dispositivos móviles y las dirigidas a la realización de aplicativos para la web, aunque esta tendencia está cambiando y las nuevas versiones o licencias permiten este tipo de conectividad.

Cuba no está ajena al avance de la ciencia y uso de tecnología moderna, por lo que ha logrado introducir en algunos procesos productivos sistemas SCADA. La empresa Aguas de La Habana cuenta con un sistema de este tipo en la sede central, que controla todo el proceso de extracción y traslado del agua potable en los diferentes pozos y estaciones de bombeo. Estos, a su vez, cuentan con sensores conectados a través de PLC que conducen la información al puesto de mando, donde se muestran los resultados en dicha herramienta.

El SCADA con que contaba la empresa Aguas de La Habana presentaba dificultades que no permitían que se pudiera conocer la información oportuna para la toma de decisiones, ya que existían problemas de conectividad entre los PLC ubicados en las subestaciones y el de la sede central. Esto traía como consecuencias que no existiera inmediatez en la información. Mientras duraran estas interrupciones, no se podía

conocer qué estaba sucediendo y había que recurrir a llamadas telefónicas, traslado de personal o cualquier otro tipo de comunicación.

Sumado a lo anterior existía también el inconveniente de que no poseía la licencia para guardar un histórico de las variables que controlaba, por lo que no se podían hacer análisis históricos ya que no se contaba con esa información. Por otra parte, había estaciones y pozos tan aislados en la geografía capitalina y provincias cercanas que no existían los medios físicos de conectividad entre esas estaciones y el puesto de mando por lo que esos valores simplemente no figuraban dentro de los controlados por el SCADA. Para directivos y decisores, cuando ocurría algún suceso, les era difícil enterarse y tomar las decisiones oportunas ya que no radicaban en los puestos de mando y se podían encontrar en cualquier lugar de Cuba, y sin conectividad directa con la empresa por ninguna vía.

Entonces en la empresa hubo un proceso inversionista que reemplazó la vía de comunicación entre los PLC de las subestaciones y el PLC de la sede central con GPRS a través de un contrato con la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), el cual eliminó las interrupciones del servicio y permitió acceder a los PLC a través del protocolo de control de transmisión TCP/IP. Se dieron los pasos necesarios para actualizar la licencia del SCADA para que permitiera guardar en bases de datos los datos que recibía de los sensores, logrando tener así un histórico. Una vez concluidas estas dos importantes etapas en el SCADA se pudo ver sin interrupciones todo el proceso.

Pero a pesar de todos estos cambios hay que avisar a los decisores y directivos, por cualquier vía, en el momento que ocurre algún suceso e informarles de lo que sucede para que ellos decidan qué acción tomar.

Por ello es necesario un medio que sea capaz de brindarle la información inmediata que necesitan sobre cómo marchan los procesos en el SCADA, e interactuar con el mismo, independientemente del lugar donde se encuentren. Se quiere que, con la actualización tecnológica del SCADA, los PLC y las vías de comunicación entre ellos, al final contar con una salida que se pueda visualizar desde cualquier lugar de Cuba, con las medidas de seguridad correspondientes y que brinde la información para la oportuna toma de decisiones.

El sistema SCADA que tiene la empresa Aguas de La Habana no le facilita a los especialistas, directivos y decisores el acceso oportuno a los datos del proceso, porque no se cuenta con una vía rápida para que se enteren de los problemas existentes.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema en Android, que a través de GPRS, se conecte al SCADA de la empresa Aguas de La Habana y logre monitorizar y gestionar en tiempo real la información procedente del mismo. Además de emitir alarmas ante cualquier evento de envergadura que sea necesario, informar de forma inmediata, aun sin tener el sistema en ejecución por parte de los decisores y directivos.

Materiales y métodos

En un proyecto conjunto con Etecsa, Cubacel y Aguas de La Habana se cambió la estructura de la red de comunicaciones de la empresa, que se encarga de comunicar los PLC hacia una montada sobre la red de datos móviles 3G, mediante GPRS (ETECSA, 2017). Con esto se mejoró la comunicación entre las estaciones de trabajo que se encuentran distribuidas por toda la provincia y el nivel central (Figura 1).

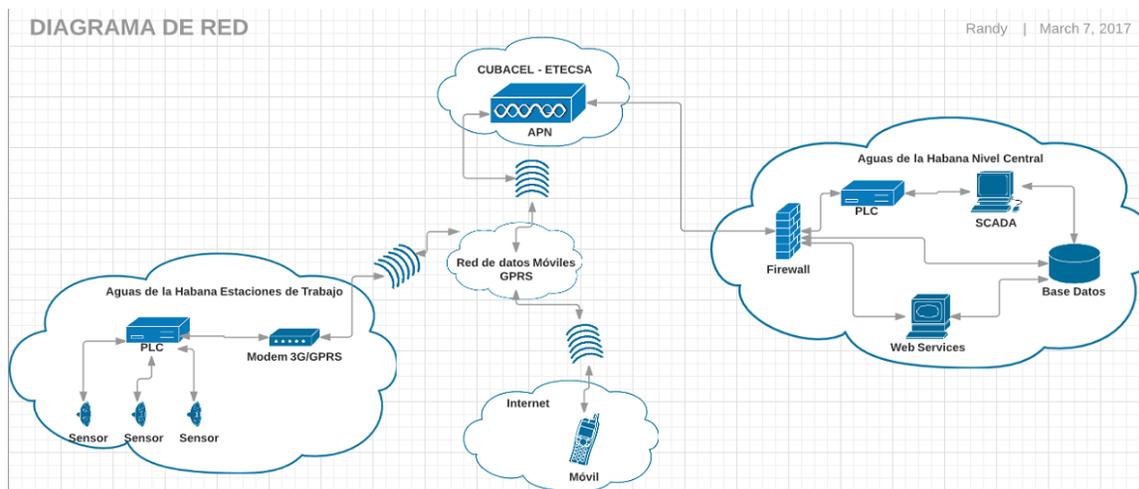


Figura 1. Gráfico de la nueva red.

Se hizo un análisis de las herramientas existentes para desarrollar la solución informática y se llegó a la conclusión de que las que mejor se adaptaban eran las siguientes:

- **Android Studio:** es el entorno de desarrollo integrado oficial (IDE) para la plataforma Android. Está basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains y es

publicado, de forma gratuita, a través de la Licencia Apache 2.0. Es el más utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles (Rosso, 2016).

- **Java:** es el lenguaje de programación. Como todo lenguaje de programación, Java se utiliza para crear aplicaciones y procesos que funcionen en multitud de dispositivos. Las aplicaciones Java se comunican con la máquina virtual Java y no con el sistema operativo, lo cual permite a los programadores desentenderse de la compatibilidad con el hardware: esta es tarea para la máquina virtual de Java. De los existentes, es el lenguaje más utilizado para el desarrollo sobre móviles, según el reputado índice TIOBE (Rodríguez, 2015; Álvarez, 2015; colectivo de autores, 2017).
- **XML:** es un metalenguaje estándar y extensible de etiquetas. Se utilizó en la programación de las interfaces de usuario y es la forma que trae por defecto el Android Studio para su desarrollo (Rosso, 2016).
- **Celular Samsung Galaxy Grand Prime:** celular con sistema operativo Android 5.1.1. Se consideró el mejor de los que ofertaba ETECSA y que más se adaptaba a las necesidades (ETECSA, 2015).
- **com.github.mikephil.charting.charts:** librería para hacer gráficas en Android. Estupenda biblioteca gratuita, elegida por su sencillez en el uso (Suárez, 2014).
- **SQL SERVER:** base de datos del SCADA presente en la empresa. SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de Microsoft que está diseñado para el entorno empresarial (Rouse, 2015).
- **Tarjeta Sim:** tarjeta de conexión de datos GPRS suministrada por ETECSA y CUBACEL.
- **Lenguaje Unificado de Modelado:** el Lenguaje de Modelado Unificado (UML por sus siglas en inglés) es un lenguaje para la especificación, visualización, construcción y documentación de los artefactos de un proceso de desarrollo de software. Se utilizó para la correcta comunicación entre los integrantes del proyecto y con los usuarios (Garzás, 2013).
- **LucidChart:** como herramienta CASE (Ingeniería de Software Asistida por Computadora) son diversas aplicaciones informáticas o programas informáticos destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el costo de las mismas en términos de tiempo y de dinero (Feliú, 2013).
- **XP:** metodología de desarrollo ágil. Se caracteriza por tener pocos artefactos generados. El modelado es prescindible y los modelos son desechables. Consta de seis fases que son: exploración, planificación, iteraciones, producción, mantenimiento y muerte del proyecto. Se caracteriza por una programación intensiva que se le

presenta al cliente en ciclos o iteraciones donde se les va dando solución a sus historias de usuario. Se utilizó principalmente porque se busca simplificar el proceso de desarrollo de software (Oliveros, Álvarez & Coello, 2008).

- **MVC:** patrón modelo vista controlador utilizado en la arquitectura del software. Es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos. En el caso específico de Android el modelo vista-controlador tiene como principal bondad separar los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de negocios en tres componentes distintos que se relacionarán para tener como resultado la aplicación final. Se utilizó para dar más claridad en el código (Buschmann *et al.*, 1996).

El desarrollo de la aplicación en Android consiste en programar un ejecutable (APK) que se instale en los celulares de los trabajadores, dirigentes o decisores de Aguas de La Habana para que desde el mismo se puedan visualizar las variables suministradas por los sensores ubicados en los pozos, estaciones de bombeo, cuencas, torres y demás equipos y que se visualicen de una manera intuitiva, rápida y elegante.

Como metodología de desarrollo se utilizó XP (*Xtreme Programming*). Esta metodología presupone la aproximación a la problemática a través de historias de usuarios. Para definir las historias de usuario a desarrollar se definieron expertos en las áreas, los cuales fueron los especialistas con más experiencia y resultados laborales.

En el trabajo conjunto se llegaron a identificar 11 historias principales a tener en cuenta para la solución, las cuales engloban todas las necesidades que se tenían y que se querían solucionar. Estas fueron:

- Acceso al sistema
- Listar las principales estaciones
- Listar las sub-estaciones
- Gráficos de sensores en tiempo real
- Gestión de usuarios del sistema
- Gestión de dispositivos móviles
- Emisión de alarmas
- Gestión de alarmas
- Emisión de alertas
- Gestión de alertas
- Histórico por estación.

Por la complejidad de algunas historias se identificaron 25 tareas de ingeniería, las cuales dan solución a las historias de usuarios. La definición de estas tareas se llevó a cabo por parte del equipo de desarrollo identificado.

Las tareas fueron:

- Diseño de interfaz de acceso al sistema
- Adaptación de la base de datos para los usuarios
- Validar los usuarios en la base de datos
- Histórico de accesos
- Diseño de interfaz de usuario para la gestión de dispositivos móviles y de usuarios
- Creación de la base de datos para guardar la gestión de dispositivos móviles y de usuarios
- Validación y guardado de datos en gestión de usuarios y dispositivos móviles
- Cambios en la forma de guardar en base de datos (corrección)
- Readaptar el listado por defecto que trae Android
- Establecer ordenamiento lógico de las estaciones por su nombre
- Interfaz de usuario para la gestión de alertas y alarmas
- Interfaz de usuario para la gestión de alertas y alarmas_v2 (modificación)
- Validar datos de gestión de alertas y alarmas
- Guardar la gestión de las alertas y alarmas
- Crear íconos para cada estación
- Listar principales estaciones
- Listar principales estaciones_v2 (modificación)
- Listar las subestaciones
- Gráfico de sensores en tiempo real
- Cambiar todos los íconos (de los listados) a íconos redondeados, que se ajusten al color de fondo (mejora)
- Gráfico de sensores en tiempo real_v2 (modificación)
- Gráfico histórico por estación
- Crear pantalla de administración con acceso a todas sus funcionalidades
- Acceso al rol usuario
- Cambiar estilo de los botones (modificación).

El modelo de datos de la aplicación parte del concepto organizacional de la empresa. En la Figura 2 queda representada esta idea, de forma resumida, la cual expone la

relación existente entre los datos de los sensores, controlados por el SCADA, las alertas y alarmas, y los usuarios y sus trazas.

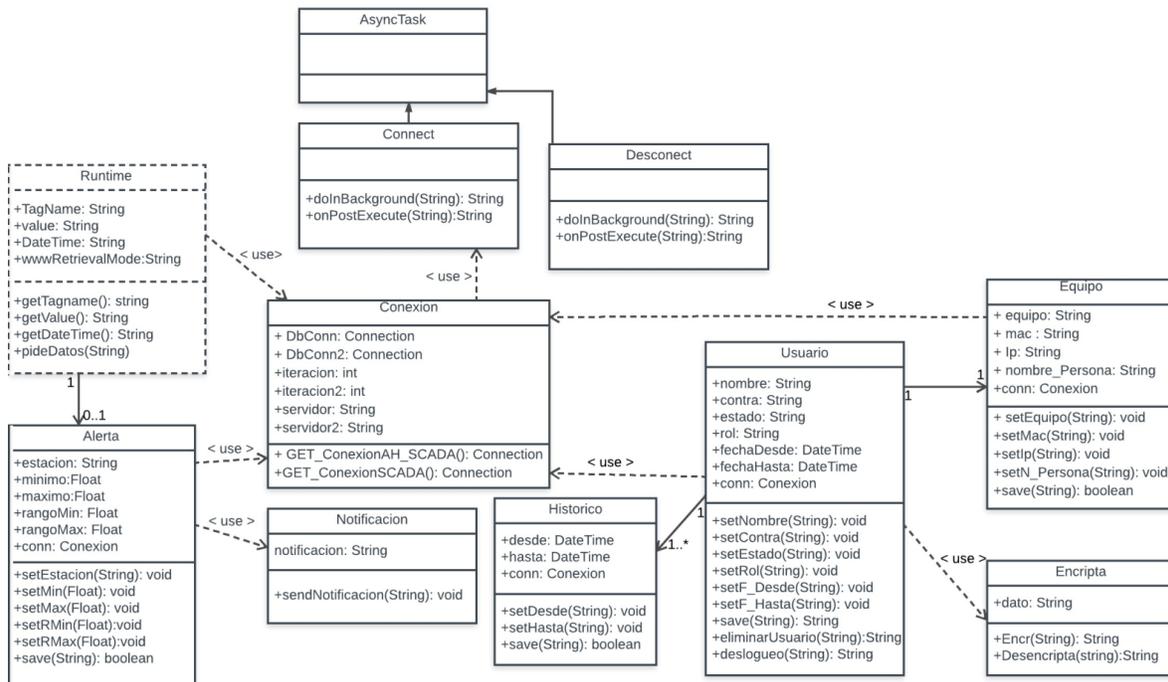


Figura 2. Diagrama de clases del diseño.

El diseño de la base de datos contiene dos diagramas de modelos físicos correspondientes a las partes que conforman las funcionales del sistema, siendo estas: modelo_SCADA y modelo Gestión. El modelo de la Figura 3 muestra los puntos comunes de los dos modelos, la diferencia radica en la cantidad de tablas y relaciones, así como las bases de datos donde radican físicamente, además de los campos y el trato que reciben por parte del subsistema en el cual se encuentre anclado.

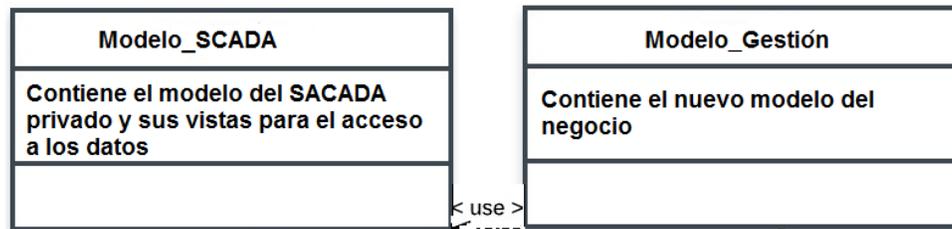


Figura 3. Modelos generales de la solución.

Como la solución desarrollada parte de una base de datos ya existente, con la cual opera hoy el SCADA, esta base de datos está encriptada y no permite conocer su estructura completa ni cómo guarda la información; para acceder a ella existen vistas

encriptadas también que son facilitadas por sus desarrolladores al momento de comprar la licencia. Esto es lo más cercano a una interfaz de programación de aplicaciones (API) para consultar los datos de los sensores. En esa base de datos no se pueden crear nuevas tablas ni funciones ni nada por el estilo, solamente hacer uso de las vistas para pedir la información de los sensores como se provee en la documentación, según sus exigencias.

En el diagrama se quiso facilitar toda esta relación entre tablas y vistas presentes en la base de datos actual del SCADA, simplificándolos a las tablas *Runtime* e *History*; las cuales, según la documentación suministrada, son las encargadas de tener la información relativa a todas las variables controladas por el mismo.

Como resultado se tiene el sistema desarrollado sobre plataforma móvil, el cual cuenta con dos roles, administrador y usuario, los cuales acceden a través de una pantalla de autenticación, como se muestra en la Figura 4. El sistema verifica los datos de acceso, la dirección Mac del dispositivo desde el cual se está accediendo al SCADA y la dirección Ip. Para el acceso seguro desde los móviles la empresa se basó primeramente en la seguridad suministrada por ETECSA (2017), la cual ofrece buenos estándares. La aplicación encripta los datos enviados a través del algoritmo AES (Mouse, 2014). Todo en su conjunto tributa a un acceso seguro, ya que mantener esta información protegida de personas ajenas es de suma importancia para la empresa.



Figura 4. Pantalla de autenticación de usuarios.

Ambos roles pueden listar las principales estaciones y conocer su estado en todo momento (Figura 5).



Figura 5. Listado de las principales estaciones.

Para cada estación seleccionada se puede acceder al gráfico de sus variables, el cual se actualiza en tiempo real y permite ver gráficamente cómo se comportan las variables por un período de tiempo (Figura 6). Los administradores cuentan con una serie de funcionalidades para la gestión de los recursos del sistema (Figura 7). Es posible consultar el histórico de las distintas variables, para ver cómo han evolucionado por determinada estación, permitiendo realizar predicciones que optimicen recursos. Permite la gestión y emisión de alertas online. El sistema permite enviar alarmas y alertas ante variaciones de los sensores, aun cuando la aplicación no la esté ejecutando ningún usuario (Figura 8).

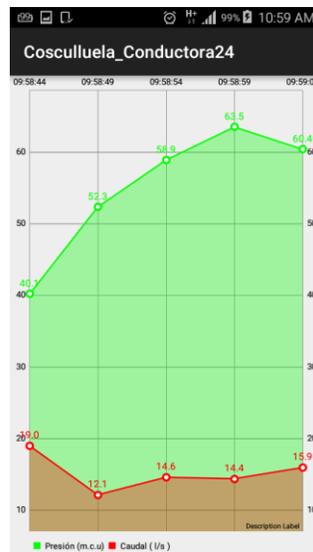


Figura 6. Gráfico por estación.



Figura 7. Funcionalidades del rol Administrador.



Figura 8. Emisión de alarmas online.

Validación

De forma resumida se realizaron 8 pruebas de aceptación, que es la forma de validación suministrada por la metodología XP, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Pruebas de aceptación realizadas

No. de Historia	Nombre de la Prueba
1	Acceso al sistema para ambos roles
2, 7 y 9	Listar las principales estaciones, emisión de alarmas, emisión de alertas

3, 7 y 9	Listar las sub-estaciones, para ambos roles, emisión de alarmas, emisión de alertas
4	Gráfico de sensores en tiempo real
5 y 6	Gestión de dispositivos móviles, gestión de usuarios del sistema
8 y 10	Gestión de alarmas, gestión de alertas
11	Histórico por estación
12	Detener y comenzar notificaciones

Se realizó una comprobación matemática a través de los tiempos de aviso antes de introducir la solución AGUAS_MOVIL y luego de introducida. La medición se llevó a cabo durante dos meses, un mes antes de instalado el sistema y un mes después de instalado. Durante el primer mes de las pruebas, cuando todavía el sistema nuevo no estaba en funcionamiento, se produjeron un total de 62 alarmas. De ellas, concurrentemente, o muy cercanas en el tiempo, se tuvieron 13, desglosadas en cinco grupos de dos alarmas concurrentes y un grupo de tres alarmas concurrentes. El tiempo de demora del aviso promedio a los decisores por las 49 alarmas aisladas fue de 8,6 min. Por su parte para las 13 concurrentes el tiempo de aviso promedio se alargó a 18,4 min. Como resultado se obtuvo un tiempo perdido total en ese mes de 660,6 min, lo que representan 11 h aproximadamente.

Luego de implantado el sistema AGUAS_MOVIL y durante el mes donde se midieron los tiempos de aviso se tuvieron un total de 59 alarmas. De ellas concurrentemente se tuvieron 14, divididas en cuatro grupos de dos alarmas concurrentes y dos grupos de tres alarmas concurrentes.

En las 35 alarmas aisladas el tiempo de aviso como promedio fue de siete segundos aproximadamente. Para las concurrentes el tiempo se mantuvo en los siete segundos. Se tuvo como resultado que en ese mes el tiempo de demora del aviso fue de 6,88 min o 0,11 h.

Si se comparan los tiempos perdidos entre un mes y otro (11 h con 0,11 h) se obtiene que con la implantación y explotación del sistema AGUAS_MOVIL el tiempo de aviso a los directivos, decisores y directivos se redujo aproximadamente 100 veces.

Esto, sin dudas, apoya la oportuna toma de decisiones, ya que garantiza que la información llegue a los decisores, especialistas y directivos de una forma rápida y directa (Figura 9).

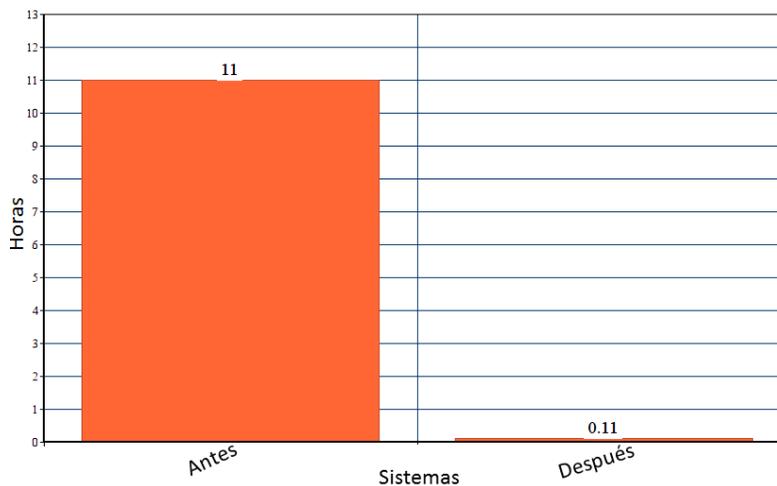


Figura 9. Comparación del tiempo de demora del aviso.

El trabajo se validó a través del método de IADOV (López & González, 2002; Castro & López, 2014), donde se obtuvo el índice de satisfacción grupal de los usuarios que utilizan la aplicación. Este índice se calculó aplicando la fórmula correspondiente a 20 usuarios de diferentes pozos y estaciones, arrojando un valor de 0,95. Esto indica que existe satisfacción por parte de los clientes al usar la aplicación, por lo que se infiere que resuelve el problema objeto de estudio en la investigación.

En esta fórmula A, B, C, D, E representan el número de sujetos con índice individual 1; 2; 3 o 6; 4; 5, respectivamente, y donde N representa el número total de sujetos del grupo. Estos datos se obtienen del cuadro lógico de IADOV.

Resultados y discusión

Con la culminación del sistema se obtuvieron una serie de ventajas o resultados como las siguientes:

- **Independencia tecnológica:** al desarrollar el sistema por parte del equipo de desarrollo de la empresa se logra una autonomía muy grande, necesaria en las condiciones actuales en que se encuentra nuestro país. Ya la empresa trazó el camino a seguir que sería culminar la actualización del SCADA y sobre este se harán todos los desarrollos necesarios.

- **Mayor eficiencia en el monitoreo:** permite el envío de los resultados del muestreo de sensores a los decisores y directivos en tiempo real, y no se queda solo en el puesto de mando.
- **Herramienta de apoyo a la toma de decisiones:** al lograr llevar toda la información necesaria oportunamente a los decisores y directivos para que tomen la decisión en tiempo.
- **Optimización de recursos económicos, humanos y de tiempo:** anteriormente se gastaban recursos económicos al llamar por teléfono. Con la nueva solución se gasta más en concepto de GPRS, pero resulta poco si se tiene en cuenta todas las ventajas que produce la misma. El factor humano se optimiza ya que la información llega al receptor directamente, sin intermediarios. Al mismo tiempo la información necesaria llega a los directivos y decisores automáticamente sin demoras, lo que trae como consecuencia, además del ahorro del tiempo de respuesta, una ventaja económica ya que el equipo puede estar menos tiempo encendido innecesariamente derrochando agua, combustible, entre otros.
- **Gráficas y datos dinámicos:** los gráficos por cada estación se muestran dinámicamente sin necesidad de concebirlos previamente. Se construyen a partir de los sensores que la aplicación detecte que existen en la estación. Por ejemplo, para una determinada estación se muestra el gráfico de un solo sensor porque tiene uno solo, pero para otra, pueden mostrarse varios. Si alguno de estos sensores se quita o se le agregan nuevos, automáticamente el sistema los detecta y los muestra sin necesidad de cambio en la aplicación.
- **Sistema de alertas online:** desde cualquier lugar se pueden gestionar y recibir las alertas y alarmas del sistema. Enorme ventaja que era impensable con anterioridad y que brinda mucha versatilidad, inmediatez y comodidad.
- **Extensión del telecontrol a nivel nacional:** ahora la información necesaria para la toma de decisiones llega hasta los decisores y directivos en cualquier lugar donde se encuentren para, conjuntamente con el despacho, tomar las decisiones necesarias y oportunas.
- **Mayor adaptabilidad del software:** el software se hizo adaptado a las necesidades de la empresa, para ello fue necesario renombrar las variables existentes, lo que permite hacer una identificación de la estación a la que pertenece cada una. Se estudiaron otros que no cumplían los requisitos para la empresa, ya que no contaba con su código fuente, requisito indispensable, ni brindaban la

información al nivel de estaciones y subestaciones, organizadas como el desarrollado por la empresa (David, 2017; Lluch, 2013; Technical Support, 2016).

- **Mejor capacitación de los usuarios:** al desarrollarlo la empresa el personal preparado para capacitar a los usuarios está en la misma por lo que se logra una completa capacitación. Por otro lado el software se diseñó para tener una máxima sencillez en su uso.
- **Conocimiento generado queda en la empresa para otros desarrollos:** se prevé existan otros desarrollos sobre estas tecnologías y ya el equipo de desarrollo tiene los conocimientos necesarios para llevarlos a cabo.

Se obtiene un **aporte social**, ya que la solución presenta beneficios sociales, tales como:

- **Desarrollo sostenible:** la solución se inserta dentro de la política de desarrollo: "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de la cual Cuba es signataria (Asamblea General ONU, 2015).
- **Nuevas operaciones automáticas:** la solución tiene un valor añadido pues permite realizar operaciones que eran imposibles de realizar. La emisión y gestión de alertas y alarmas online es un ejemplo de ello.
- **Optimización del trabajo:** el trabajo en la empresa se optimiza al disminuir los tiempos de respuesta, en sentido general.
- **Humanización del trabajo:** de una manera fácil y rápida se pueden realizar operaciones que antes llevaban más trabajo y tiempo realizarlas.
- **Mejora la calidad del servicio:** al tener mejor controladas las variables de los sensores, al disminuir los tiempos de respuesta ante cualquier contingencia.

Conclusiones

Se obtiene como resultado el desarrollo de una aplicación en Android sobre dispositivos móviles, que cumple con los objetivos planteados. De forma general, se pueden resumir en los siguientes elementos:

Se desarrolla el sistema en Android, que a través de GPRS, se conecte al SCADA de la empresa Aguas de La Habana y gestiona, en tiempo real, la información procedente de los sensores ubicados en los pozos y estaciones de bombeo.

Se validan los resultados obtenidos y se destaca el impacto económico y social de la solución.

Para un uso más completo del sistema de gestión sobre plataformas móviles se plantea como mejoras la compra de los actuadores, que se gestionen por GPRS también, los cuales se ubicarán en los pozos y estaciones de bombeo para poder actuar desde el propio dispositivo móvil cuando surjan las alarmas y alertas. Con este desarrollo se podría actuar a distancia y ahorraría aún más tiempo y recursos. Se podría contar con estaciones completamente autónomas, donde todos los procesos se controlen remotamente con sus sensores.

Se recomienda ampliar el alcance y tipo de sensores para medir otras magnitudes que también existen en los pozos y estaciones de bombeo, como son los niveles de combustible en los tanques, los niveles de cloro en los depósitos, entre otros, e incorporar circuitos cerrados de TV para la seguridad.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, C. 2015. Java, el lenguaje más usado y su evolución. Consultado: 2 nov 2017. Disponible en: <https://www.genbetadev.com/java-j2ee/java-el-lenguaje-mas-usado-y-su-evolucion>
- Asamblea General ONU. 2015. Objetivos de desarrollo sostenible. Consultado: 12 oct 2017. Disponible en: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85>
- BRITO, S. & BALLESTEROS, R. 2016. *SCADA para la infraestructura hidráulica de la ciudad de Santa Clara*. Tesis de maestría. Universidad Central de Las Villas.
- BUSCHMANN, F.; MEUNIER, R.; ROHNERT, H.; SOMMERLAD, P. & STAL, M. 1996. *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns*. Volume 1. Wiley.
- CARRODEGUAS, N. Las redes de transmisión de datos usadas en los teléfonos celulares. Consultado: 16 ene 2017. Disponible en: <https://norfipc.com/celulares/redes-transmision-datos-usadas-telefonos-celulares.php>
- CASTRO, A. F. & LÓPEZ, A. 2014. Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de

investigación del sector agropecuario. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 23(3): 77-82.

CASTRO, J. 2015. La importancia de la información para la toma de decisiones en la empresa. Consultado: 16 ene 2017. Disponible en: <http://blog.corponet.com.mx/la-importancia-de-la-informacion-para-la-toma-de-decisiones-en-la-empresa>.

COLECTIVO DE AUTORES. 2017. TIOBE Index for October 2017. Consultado: 2 nov 2017. Disponible en: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

DAVID, T. 2017. Mobile Applications. ProSoft Technology. Consultado: 20 marzo 2017. Disponible en: <https://www.prosoft-technology.com/Products/ProSoft-Software/Mobile-Applications>

Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. ETECSA. Equipos que se comercializan. Consultado: 1 dic 2016. Disponible en: http://www.etecsa.cu/telefonía_movil/equipos_que_se_comercializan/

Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. ETECSA. Servicios especiales. Consultado: 15 marzo 2017. Disponible en: http://www.etecsa.cu/telefonía_movil/servicios_especiales/

FELIÚ, J. 2013. Mapas conceptuales y diagramas con Lucidchart. Tecnocentres. Consultado: 1 junio 2017. Disponible en <http://tecnocentres.org/es/mapas-conceptuales-y-diagramas-con-lucidchart/>

GARZÁS, J. Qué es UML y por qué es tan sumamente importante (seas informático o no) saber interpretar diagramas UML. Consultado: 1 junio 2017. Disponible en <http://www.javiergarzas.com/2013/04/que-es-uml-diagramas-uml.html>

LLUCH, J. 2013. ScadaMobile. SWEETWILLIAM S.L Consultado: 18 enero 2017. Disponible en: <http://www.sweetwilliamsl.com/scadamobile/>

LÓPEZ, A. & GONZÁLEZ, V. 2002. La técnica de Iadov. Una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de Educación Física. *Lecturas Educación Física y Deportes, Revista Digital* 47.

- MOUSE, J. C. 2014. Encriptación simétrica en java Código Lectivo JC Mouse. Consultado: 2 nov 2017. Disponible en <http://www.jc-mouse.net/java/encriptacion-simetrica-en-java>
- OLIVEROS, Y.; ÁLVAREZ, Y. & COELLO, J. 2008. Metodologías Ágiles. ¿Cómo desarrollo utilizando XP? En: 14 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. CUJAE, p. 1-10.
- PÉREZ-LÓPEZ, E. 2015. Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha* 28(4): 3-14.
- RODRÍGUEZ, T. 20 años de Java: ¿En qué quedó el sueño de programar una vez, ejecutar en cualquier lugar? Consultado: 1 junio 2017. Disponible en <https://www.xataka.com/aplicaciones/20-anos-de-java-celebramos-u-tremenda-influencia-en-el-mundo-del-software-y-la-programacion>
- RODRÍGUEZ, Y. & PINTO, M. 2014. *Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información cubanas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada y Universidad de La Habana.
- ROSSO, R. Android Studio. Consultado: 1 junio 2017. Disponible en: Uptodown.com.
- ROUSE, M. SQL Server. Consultado: 1 junio 2017. Disponible en: TechTraget.com.
- SANTOS, V. 2009. La industria del software. Estudio a nivel global y América Latina. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* 9(116): 1-10.
- SUÁREZ, P. Una biblioteca para mostrar gráficas (Android). Kabytes. Consultado: 1 junio de 2017. Disponible en <http://www.kabytes.com/programacion/una-biblioteca-para-mostrar-graficas-android/>
- SUNDBERG, N.; LOZANOVA, Y. & FALL, M. Tendencias en las reformas de telecomunicaciones 2010–2011: propiciar el mundo digital del mañana. Informe. En: División del Entorno de Reglamentación y Mercado de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) de la UIT. División de Datos y Estadísticas sobre las TIC de la UIT/ BDT. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2015: Atribuir espectro para un mundo cambiante, p. 1-5.

TECHNICAL SUPPORT. 2016. Products. De Tesla Scada Multi platform solution. Consultado: 17 enero 2017. Disponible en: <http://teslascada.com/index.php/en/products>

VILANOVA, R. Sistemas SCADA. Dept. Telecommunication & Systems Engineering. Consultado: 17 enero 2017. Disponible en: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/SAF/PDF/2007%20Sistemas%20SCADA.pdf>.