# UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

## DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA

### VALPARAÍSO – CHILE

# “Tecnologías de la información y comunicación aplicadas en procesos de distribución de energía eléctrica”

**NICOLAS RICARDO INOSTROZA ESPEJO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL TELEMÁTICO**

**PROFESOR GUÍA:** WERNER CREIXELL

**PROFESOR CORREFERENTE:** NICOLÁS JARA

JULIO – 2018

# 1. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, hermanos y familiares, con quienes viví durante la educación básica, media y universitaria y me entregaron todas las oportunidades y apoyo durante la carrera. Por ser un pilar fundamental durante mi crecimiento como persona.

A mis compañeros de carrera, amigos telemáticos y de la vida, profesores y funcionarios, por todos los lindos momentos vividos en esta hermosa Universidad. Con quienes formamos una gran amistad, la cual se mantiene y ha crecido durante todos estos años.

A mis colegas y amigos en TIVIT|Synapsis y Enel Distribución, por todos los conocimientos compartidos y las enseñanzas entregadas cuando realizaba mis primeras armas en la vida laboral. A estas empresas, por confiar en mí y permitir mi desarrollo y crecimiento.

Muy en especial a ***Yanara*** y ***Agustin***, quienes me hacen feliz día a día, y son mi motivo de orgullo y felicidad. Sin dudas, si no fuese por ellos, la vida no sería igual para mí. Yanara, agradezco muy sinceramente lo perseverante y firme que fuiste conmigo, para que finalmente pudiera finalizar mi carrera y cerrar este ciclo que tenía inconcluso. Sinceramente gracias.

*Dedico este trabajo a Yanara y Agustín,*

*mis más grandes amores de la vida.*

# 2. PROPUESTA

Los sistemas **"SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)"** son una de las principales herramientas de software desarrolladas para satisfacer la necesidad de conocer, en tiempo real, el estado de operación de un proceso productivo, permitiendo el **monitoreo, supervisión y control a distancia**, de diversos dispositivos incorporados estratégicamente en distintas etapas y/o zonas dentro del ámbito de acción de un proceso.

Las empresas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, han sido puntal en el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías a estos sistemas, lo que las ha llevado a contar con plataformas de información y control avanzados y con alto estándares de disponibilidad y confiabilidad, dada la relevancia de esta actividad en el desarrollo de los países y del mundo.

En el ámbito de las **Tecnologías de la Información y Comunicación" (TICs)**, uno de los principales conceptos en boga es el **Cloud Computing** o **Computación en la Nube** y cómo gran parte de los sistemas de información están migrando hacia este nuevo paradigma. Este es un proceso que debe ser realizado de manera coordinada con las distintas áreas de usuarios, responsables y administradores de estos sistemas, para lo cual es necesario analizar los riesgos y beneficios de realizar el traslado desde las actuales instalaciones, como son salas de servidores en las mismas oficinas o Datacenters locales, hacia la **"nube"**, además de considerar la arquitectura de telecomunicaciones sobre la cual se soporta la operación de estos sistemas.

En consideración de lo expuesto, el siguiente trabajo pretende realizar un análisis exhaustivo a la actual plataforma SCADA de una importante empresa de distribución de energía eléctrica en nuestro país, mostrar los conceptos y partes que estructuran el sistema SCADA, la interacción de este con otras áreas de las empresas de energía eléctrica (p.e Marco Regulatorio), y sentar las bases y consideraciones técnicas que deben ser evaluadas al momento de diseñar la migración del sistema SCADA a una plataforma Cloud. Entre los principales aspectos a analizar y que determinaran la factibilidad de una migración, tenemos los siguientes conceptos:

- Disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de plataformas SCADAs y/o sistemas similares en Cloud entregados por proveedores que ofrecen "SaaS" (Software as a Service) e "IaaS" (Infrastructure as a Service), en comparación con actuales arquitecturas SCADAs.

- Manejo de información crítica del proceso, respaldo de datos, seguridad de la información y acceso no deseados a sistemas por agentes maliciosos externos en sistemas Cloud versus actuales sistemas SCADAs.
- Análisis técnico de actuales plataformas de comunicaciones y bases técnicas para implementación de plataforma de comunicaciones necesaria para la migración de sistemas SCADAs hacia arquitectura Cloud.

Adicionalmente, se señalaran los desafíos que estos sistemas de información están enfrentando, y cómo las nuevas tendencias del mundo de la tecnología son incorporadas a estos, ejemplificando su relación con conceptos como “La Internet de las Cosas” (IoT: Internet of Things), integración con sistemas de análisis de gran cantidad de datos (Big Data) y Aplicaciones de Data Mining, y como la migración a un ambiente Cloud beneficiaría la puesta en operación de estos nuevos conceptos para el mundo SCADA.

# 3. ESTADO DEL ARTE

Un sistema SCADA está compuesto principalmente por tres bloques funcionales: las "**Unidades Terminales Remotas**" o RTUs por sus siglas en inglés, el "**Software y Servidores**" que ejecutan las tareas de monitorización, y la "**Plataforma de Comunicaciones**" que soporta la interacción entre las RTUs y el software como tal. Este trabajo se centrará en los dos últimos puntos, ya que la evolución de los sistemas SCADAs se corresponde directamente con la evolución de las tecnologías de la información y comunicación en estas dos áreas y como el desarrollo tecnológico en estos ámbitos ha permitido el avance de las aplicaciones de monitoreo y telecontrol para la industria eléctrica.

La "Plataforma de Comunicaciones" está compuesta por: *los medios físicos de transmisión*, *el hardware y equipamiento de red* y *los protocolos de comunicación*. Desde el punto de vista de los protocolos de comunicación, se ha traspasado de **protocolos cerrados**, es decir, propios de cada fabricante de sistemas SCADA o RTUs hacia **protocolos abiertos**, **estandarizados** y **normados** bajo la "International Electrotechnical Commission (IEC)". Estos protocolos de comunicación utilizan los estándares TCP/IP y/o UDP de la capa transporte del modelo OSI para su funcionamiento.

Así, en la actualidad, protocolos como: **DNP y DNP3i** (Distributed Network Protocol), **IEC60870-5-104**, denominado IEC104 e **IEC 60870-6/TASE.2** llamado ICCP (Inter Control-Center Communications Protocol) son ampliamente utilizados en sistemas SCADAs del rubro de energía eléctrica. Esto se debe principalmente al ser protocolos con transferencia segura de la información, además de contar sincronización de tiempos y eventos. Respecto al ancho de banda requerido para el correcto funcionamiento de estos, la norma dicta que el mínimo ancho de banda requerido para su operación es 128 [Kbps], lo que dado las actuales tasas de transferencias de datos de los proveedores de comunicación, no conlleva dificultades al momento de la implementación.

Respecto al "Software y Servidores" de los sistemas, los requerimientos de las empresas eléctricas son cada vez más específicos, lo que trae consigo la evolución a sistemas SCADAs con mayor grado de especialización en características de estos sistemas. Así nacen los **SCADAs EMS** (Energy Managment System) orientados a empresas de generación y transmisión de energía eléctrica, y los **SCADAs DMS** (Distribution Managment System) orientados a empresas de distribución de energía eléctrica. Estos últimos incorporan aplicaciones para la **georreferenciación**, conocidos como aplicaciones GIS (Geographic Information System), que

presentan conexiones con API´s de Google Maps, Google Earth o aplicaciones similares. Otras funciones han sido desarrolladas para conocer, en tiempo real, la **cantidad de incidencias en un sistema eléctrico**, o la **cantidad de clientes sin suministro eléctrico**, para lo cual deben interactuar y compartir información de base de datos de sistemas comerciales o sistemas de gestión de la relación con el cliente para el ingreso de reclamos o consultas (CRM – Customer Relationship Management).

En esta línea, la necesidad que los sistemas SCADAs, propios del área de operación, interactúen con sistemas de información de otras áreas dentro de una empresa, está convergiendo en la utilización de motores de base de datos asociado a menudo al ambiente de servidores y aplicaciones Web, como son bases de datos Oracle, SQL Server e IBM DB2, dejando un paso atrás los modelos propios de cada fabricante de sistemas SCADAs, lo que ha introducido grandes ventajas y desarrollos en aplicaciones que complementan la funciones operacionales de una empresa de distribución eléctrica.

A continuación se muestra un cuadro resumen comparativo entre plataformas SCADA en Datacenters locales vs SCADA en arquitecturas Cloud, considerando distintas características relevantes a su implementación, mantenimiento y evolución.

| ITEM | SCADA Datacenter Local | SCADA en Cloud |
|---|---|---|
| **Plataforma de telecomunicaciones.** | Necesidad de implementar una plataforma que soporte la comunicación desde los sitios de lugares tele gestionados a instalaciones en Datacenters locales. | Solo requiere conexión a Internet. |
| **Protocolos de comunicación y transporte.** | Migración desde protocolos propietarios y utilización de enlaces del tipo serial u ondas de radio. | Protocolo de comunicaciones normadas bajo la IEC, sobre TCP/IP. |
| **Conexión con sistemas corporativos y/o de información global.** | Arquitectura aislada de red empresarial, sin posibilidad de conexión y traspaso de información con otras aplicaciones. | Permite integración con otros sistemas y traspaso de información. |
| **Almacenamiento, administración y recuperación ante desastres.** | Respaldos locales, administración "in situ" y lenta recuperación ante desastres. | Respaldos en aplicaciones dedicadas, administración remota y recuperación ágil ante desastres. |
| **Situación actual** | Sistemas estables con amplio domino en mercado, poca evolución y acercamiento a TICs. | Sistemas en expansión, con amplias posibilidades de evolución e interacción con nuevos conceptos de las TICs, entre ellos Data |

| | | |
|---|---|---|
| | | Minning, Big Data e Internet de las Cosas. |

Finalmente, dos grandes conceptos se están integrando y transformando el mundo de los sistemas SCADAs, estos conceptos son: el “Big Data + DataMinning” y el “Internet of Things” (IoT). El Big Data migra desde las **tecnologías de la información** (IT) hacia las **tecnologías de la operación** (OT), incorporando herramientas y conceptos ampliamente utilizados, como son **Business Intelligence, Analytics, presentación de datos y análisis estadístico**. Por su parte “Internet of Things (IoT)” o “Internet de las cosas” ha comenzado surgir en torno a los sistemas SCADAs y se proyectan como su evolución natural. Este concepto, que agrupa a infraestructura tecnológica, sistemas, dispositivos, sensores y personas que se conectan a través de **Internet** con el fin de compartir información entre sí, no es en sí una nueva tecnología, sino más bien un nuevo paradigma en cuanto a la arquitectura y funcionamiento de los sistemas de información, entre ellos, los sistemas SCADAs. Estos sistemas, que hasta ahora se encontraban aislados de las redes públicas, están comenzando a abrirse a nuevos cambios y desafíos en el desarrollo, operación y comunicación de sistemas SCADAs con otros dispositivos.

Sin embargo, una de las principales barreras que estos conceptos están enfrentando, es que deben romper con el paradigma de las empresas del necesitar conocer dónde están sus servidores e instalaciones ejecutándose, además de asegurar la calidad y seguridad de la información, ya que al utilizar un espacio común e inseguro como es Internet, la probabilidad de sufrir cyber ataques, pérdida de información y/o indisponibilidad del servicio aumenta considerablemente, disminuyendo su penetración en el mercado de los sistemas que apoyan la operación de los sistemas eléctricos.

# 4. INDICE

1. AGRADECIMIENTOS ..... 2

2. PROPUESTA ..... 5

3. ESTADO DEL ARTE ..... 7

4. INDICE ..... 10

5. INDICE DE ILUSTRACIONES ..... 12

6. GLOSARIO ..... 13

7. MARCO TEORICO ..... 14

**7.1 ¿Qué es un sistema SCADA? ..... 14**

**7.2 Descripción y agrupación de componentes. ..... 14**

7.2.1. Equipos de campo y/o sensores ..... 14

7.2.2. Red de Telecomunicaciones. ..... 15

7.2.3. Software SCADA. ..... 15

**7.3 ¿Qué es cloud? ¿A que hace referencia? ..... 15**

8. ESCENARIO ACTUAL. ..... 17

9. EVALUACION TECNICA ..... 23

**9.1 Análisis técnico de la plataforma actual de comunicaciones en comparación plataforma a implementar para solución Cloud. ..... 23**

**9.2 Factibilidad de migración a Cloud en términos de disponibilidad y estabilidad de la plataforma. ..... 23**

**9.3 Ventajas y desventajas de sistema Cloud para SCADA, consideraciones de almacenamiento, respaldo y seguridad de la información. ..... 24**

**9.4 Servicios en Cloud. .....25**

**9.5 PROPUESTA DE FASES PARA MIGRACION DEL SISTEMA SCADA A PLATAFORMA CLOUD. .....27**

10. OTRAS APLICACIONES. ..... 30

**10.1 Internet of Things. .....30**

**10.2 Big Data y Data-Minning (Minería de Datos). .....32**

11. CONCLUSIONES. ..... 35

12. REFERENCIAS. ..... 36

# 5. INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Arquitectura Sistema SCADA - Datacenter principal (derecha) y Datacenter Backup (Izquierda). ..... 18

Ilustración 2 Conexión equipos en subestaciones eléctricas. Gentileza Empresa EFACEC..... 19

Ilustración 3. Red de telecomunicaciones para comunicación entre subestaciones y sistema SCADA..... 20

Ilustración 4. Indicadores de fallas en redes de Media Tension. Fuente: Innovared ..... 32

# 6. GLOSARIO

- ✓ **IaaS**: Infrastructure as a Service – Modelo de Cloud computing donde el servicio ofrecido está centrado en recursos de hardware.
- ✓ **IoT**: Internet of Things o Internet de las Cosas.
- ✓ **RTU**: Remote Terminal Unit o Unidad Terminal Remota.
- ✓ **SaaS**: Software as a Service – Modelo de Cloud computing donde el servicio ofrecido se centra en aplicaciones con fines específicos.
- ✓ **SCADA**: Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisión y Adquisición de Datos).

# 7. MARCO TEORICO.

## 7.1 ¿Qué es un sistema SCADA?

Un sistema SCADA, está compuesto por todas las herramientas de software y hardware, que permiten las funciones de supervisar, controlar y adquirir datos de las distintas fases de algún proceso productivo. Usualmente suele llamarse sistema SCADA al software que concentra los datos y los despliegues en las HMI (Human-Machine Interface) para monitorear variables y estado del proceso productivo, sin embargo, una plataforma SCADA considera todos los elementos que intervienen desde que cierta variable es sensada en su punto de medición hasta que permite ser visualizada al responsable de la operación del proceso. Desde este punto de vista, un sistema SCADA está formado por sensores de campos, unidades concentradores de datos, red de datos local, red de telecomunicaciones WAN, software de adquisición, almacenamiento y despliegue de datos (llamado SCADA) y red de comunicaciones en el centro de operación.

## 7.2 Descripción y agrupación de componentes.

Dentro de una plataforma SCADA, los componentes suelen dividirse en tres grandes áreas, las cuales se detallan a continuación:

### 7.2.1. Equipos de campo y/o sensores

Dentro de este grupo se encuentran sensores de medición análogo-digital, equipos de medida para variables del tipo como analógica (p.e Sensores de temperatura), transductores de corriente y voltaje, relés de interposición entre otros.

Todos estos elementos, se comunican ya sea por red de datos local o por señales cableadas a una unidad concentradora de datos o también llamada Unidad Terminal Remota (RTU). Esta unidad es la encargada de procesar esta información y comunicar con el software SCADA para su visualización. En la actualidad, estas RTUs están siendo reemplazadas por unidades con mayor capacidad de almacenamiento, procesamiento y que además corren aplicaciones que permiten desplegar información directamente en el lugar donde se adquieren las variables. Estas unidades son llamadas sistemas de control local (SCL) las que se podrían considerar como un SCADA local.

### 7.2.2. Red de Telecomunicaciones.

La Red de telecomunicaciones, considera todos los equipos, enlaces de comunicación y tecnologías de comunicación que conforman la red por la cual, los datos son transferidos desde los equipos concentrados ubicados en las instalaciones físicas del proceso (RTUs) hasta la ubicación física y/o lógica del software SCADA.

Esta red suele estar compuesta por, *enlaces de telecomunicaciones* mediante fibra óptica y microondas, *equipos de telecomunicaciones* como Routers, Switches y Firewalls y *tecnologías para acceso compartido al canal de comunicaciones,* como son TDM (Time Division Multiplexing) "Multiplexacion por tiempo", FDM (Frecuency Division Multiplexing) "Multiplexacion por frecuencia" o CDMA (Code Division Multiple Access) "Multiplexacion por División de Código".

### 7.2.3. Software SCADA.

El software SCADA, o más comúnmente llamado SCADA, es la herramienta de software encargada de recibir la información proveniente de los concentradores de campo y desplegar esta información en las HMI de los encargados de la operación. Estás aplicaciones son desarrolladas por grande empresas a nivel mundial, como por ejemplos *Siemens*, *ABB*, *General Electric*, entre otros. Sin embargo, en la actualidad existen sistemas con menores prestaciones desarrolladas por empresas de menor tamaño.

Estos softwares "corren" sobre servidores que generalmente están conectados en un LAN de comunicaciones dedicada específicamente para esta operación, generalmente aislada de las otras redes de una empresa y conectadas a través de equipos de seguridad como firewalls. Este escenario se plantea ya que en sus comienzos los sistemas de operación de una empresa debían estar "aislados" de los sistemas de información, como los sistemas de correo, intranet y/o plataformas comerciales por mencionar algunos.

## 7.3 ¿Qué es cloud? ¿A que hace referencia?

"Cloud computing" o "computación en la nube" es un concepto que hace referencia a la prestación de servicios informáticos a través de una red, la que usualmente es internet.

En la actualidad, las arquitecturas de cloud se suelen clasificar en tres tipos: nube pública, nube privada y nube hibrida.

- Nube pública: Estas se basan en hardware físico compartido perteneciente y operado por un proveedor externo. Las nubes públicas son ideales para pequeñas y medianas empresas o negocios que tienen demandas variables. La principal ventaja de este tipo de nubes es la rapidez con la que se pueden implementar las aplicaciones que se deseen utilizar en la nube. Por otro lado, al repartirse los costos de infraestructura entre múltiples usuarios de ella, cada una de las empresas puede beneficiarse de un enfoque de aprovisionamiento de TI de pago por consumo con un costo bajo. Finalmente, debido al gran tamaño de las nubes públicas, es posible aumentar y reducir las capacidades de procesamiento y almacenamiento según las demandas del negocio en cuestión de minutos.
- Nube privada: Una nube privada es una infraestructura TI dedicada por completo a un único cliente, la cual puede ser implementada físicamente en las instalaciones del cliente o en un datacenter de un proveedor de servicios TI. La nube privada ofrece toda la agilidad, escalabilidad y eficiencia de la nube pública, pero también proporciona mayores niveles de control y seguridad, lo que la convierte en ideal para grandes empresas o empresas con estrictas obligaciones en relación con los datos, la normativa y la gobernanza. Otra ventaja importante de la nube privada es la capacidad de personalizar los distintos componentes de procesamiento, almacenamiento y red para adaptarse a sus requisitos específicos de las áreas TI de cada empresa, algo que no se puede lograr tan fácilmente en el ambiente de la nube pública.
- Nube híbrida: La nube híbrida permite combinar la nube pública con la nube privada y aprovechar lo mejor que cada una de ellas tiene como característica para satisfacer los requerimientos de las áreas TI de cada tipo de empresa.

**Ejemplos de aplicaciones en CLOUD**

Existe una gran variedad de aplicaciones que utilizan servicios cloud, entre las cuales tenemos los servicios de correo electrónico como Gmail o Hotmail, plataformas de redes sociales como Facebook, Twitter, LinkedIn. En el marco del almacenamiento de datos en la nube, las plataformas cloud más populares son Dropbox y OneDrive de Microsoft.

Sin embargo, también existen en la nube servicios dentro de otros ámbitos de una empresa, como pueden ser servicios ERP Enterprise Resource Planning (Planificación de recursos empresariales), Softwares de contabilidad emisión de facturas y pago de impuestos, y aplicaciones para la gestión de trabajo colaborativo y equipos de trabajo.

# 8. ESCENARIO ACTUAL.

Actualmente, la plataforma SCADA a evaluar está compuesta de la siguiente manera:

*Software SCADA* de proveedor Siemens versión 3.10, el cual se encuentra instalada en dos Datacenters privados e independiente, ambos ubicados en la ciudad de Santiago. El primero de ellos denominado sitio principal o PCS (Primary Control System), cuenta con la aplicación corriendo en dos (2) máquinas Blade Center de marca IBM, en los cuales se instalan 5 servidores, los cuales se detallan a continuación:

- Servidor Administración de base de datos llamado ADM (Administrator).
- Servidor de comunicación interna y servicios ICCP llamado COM (Comunicator).
- Servidor de interfaz usuario para HMI llamado UI (User Interface).
- Servidor de aplicaciones eléctricas en red o NA (Network Applications).
- Servidor frontera de comunicación con RTUs llamado CFE (Communications Front End).

El segundo Datacenter, denominado sitio de respaldo o BCS (Backup Control System), sólo cuenta con un (1) Blade Center, también del proveedor IBM, el cual cuenta con los 5 tipos de servidores antes mencionados.

El sistema operativo sobre el cual está montado el software SCADA es Unix, específicamente AIX (Advanced Interactive Executive), sistema operativo propiedad de IBM.

Cada uno de estos sitios forma una LAN independiente, de alta velocidad y disponibilidad, que están conectados entre sí mediantes enlaces de comunicación redundados y de alta velocidad.

A continuación se muestra el diagrama de infraestructura en ambos Datacenters.

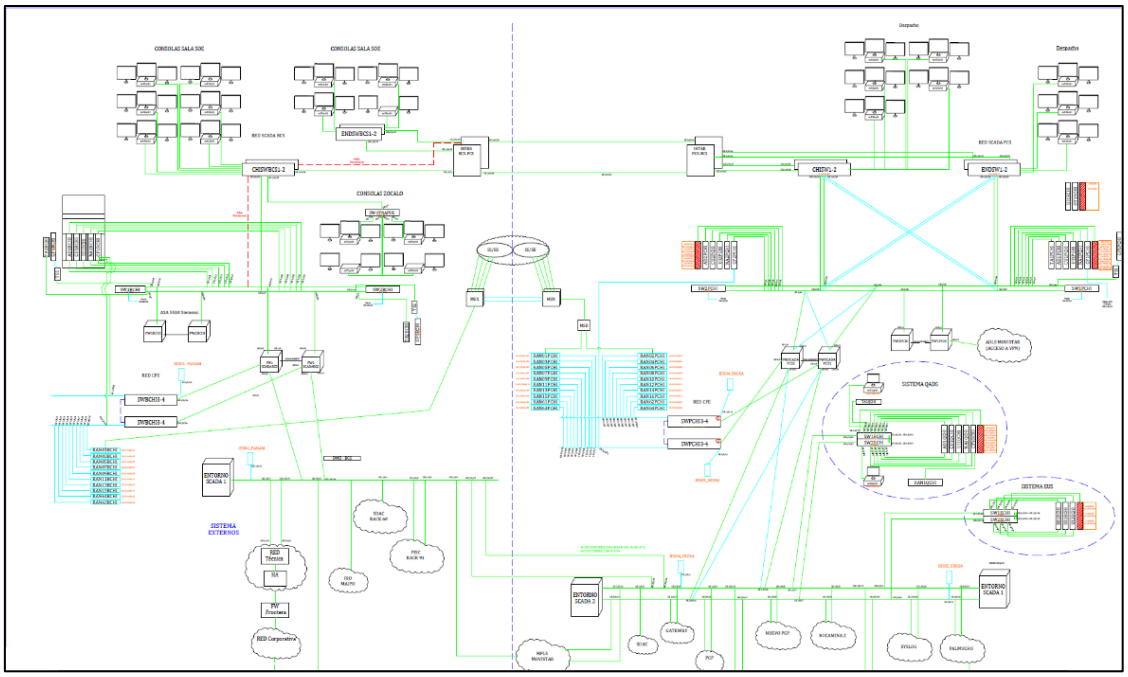

*Ilustración 1. Arquitectura Sistema SCADA - Datacenter principal (derecha) y Datacenter Backup (Izquierda).*

Por otra parte, los sitios telesupervisados por el sistema SCADA, son *subestaciones eléctricas*, cuya función es recibir la energía eléctrica desde las líneas de transmisión, y distribuir dicha energía en la ciudad de Santiago y sus alrededores. Esta distribución de energía se realiza tanto a clientes domiciliarios (casas y departamentos), como a clientes industriales (fabricas, hospitales, etc.). En estas subestaciones, se encuentran instaladas las Unidades Terminales Remotas (UTRs) o Sistemas de Control Local (SCL), equipos encargadas de concentrar toda la información de variables presentes en estas instalaciones y comunicarlas hacia el sistema SCADA Central antes mencionado. Estos equipos también reciben las “ordenes” o “telemandos” desde el centro de control y ejecutan las acciones en las instalaciones eléctricas de cada subestación. Las principales variables sensadas por estos equipos son: voltaje, corriente, potencia activa y potencia reactiva, así como estados digitales de interruptores, desconectadores y transformadores.

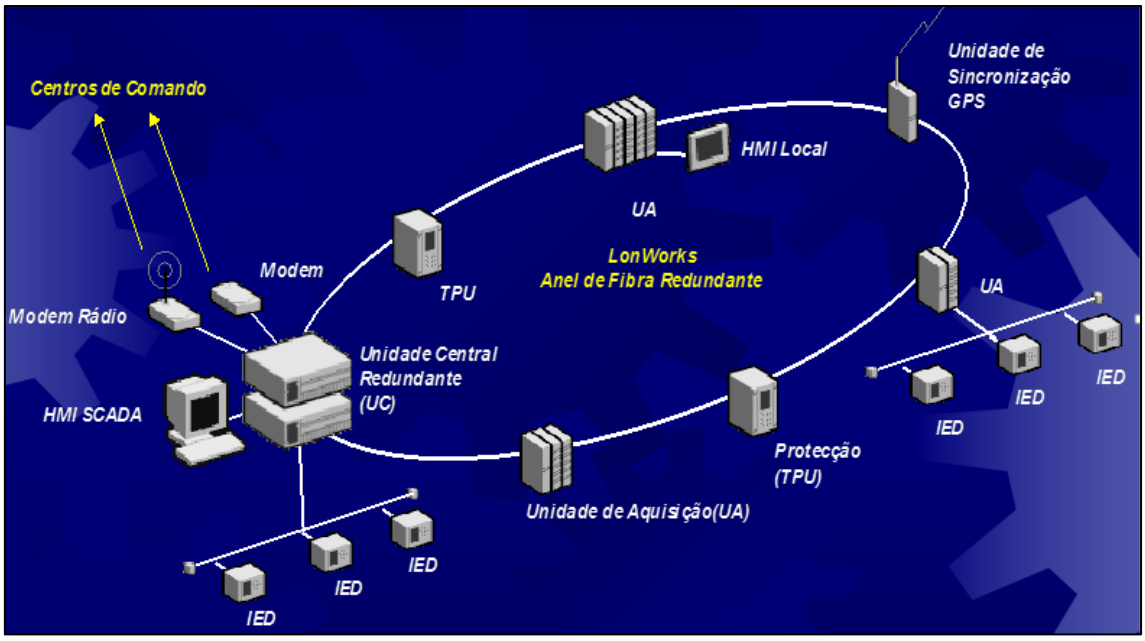


*Ilustración 2. Conexión equipos en subestaciones eléctricas. Gentileza Empresa EFACEC.*

La actual *plataforma de telecomunicaciones*, permite la conectividad aproximadamente 54 subestaciones eléctricas, las cuales se encuentran distribuidas en diferentes lugares geográficos de Santiago hacia los Datacenters en donde se alojan los servidores con la aplicación SCADA. Esta plataforma de comunicaciones está compuesta por enlaces propios de la empresa eléctrica, así como también por enlaces arrendados a proveedores de telecomunicaciones presentes en el mercado. Los medios físicos implementados corresponden, en su gran mayoría, a un mezcla entre enlaces de fibra óptica y enlaces microondas, sobre los cuales se transmiten los servicios de transferencia de datos para el sistema SCADA, así como otros servicios presentes en las subestaciones, como lo son telefonía, video vigilancia, datos de red corporativa entre otros.

La forma de comunicación entre los concentradores de datos presentes en las subestaciones eléctricas y la aplicación SCADA se realiza mediante protocolos de comunicación específicos para la transmisión de datos eléctricos. Estos protocolos son estándares y especificados por la IEC (International Electrotechnical Commission). Los protocolos usados para la comunicación en esta empresa son:

- IEC 60870-5-101, o más conocido como IEC101, es un protocolo orientado para la comunicación de datos de sistemas de control y sistemas de energía, de amplia difusión en Estados Unidos y Canadá, y que principalmente está orientado para comunicaciones punto a punto, es decir, enlaces seriales.

- IEC 60870-5-104, o más conocido como IEC104, también es un protocolo orientado para la comunicación de datos de sistemas de control y sistemas de energía, pero la principal diferencia es que este tipo de protocolos requiere la presencia de una canal TCP/IP para poder ser establecido.

Actualmente el sistema SCADA, cuenta en su gran mayoría con comunicación entre los equipos concentradores de datos mediante protocolo IEC101, es decir, con la presencia de una canal serial, punto a punto, entre SCADA y la RTU. Sin embargo, ya está en proceso la migración de la totalidad de las comunicaciones a protocolo IEC104, paso fundamental y clave al momento de estudiar la factibilidad de migrar la aplicación SCADA a una plataforma CLOUD, ya que la presencia de enlaces seriales hace inviable comunicación punto a punto entre una plataforma CLOUD, por ejemplo fuera de Chile, y una subestación eléctrica presente en Santiago.

A continuación se observa la arquitectura general de comunicaciones y sus diferentes elementos que la componen:

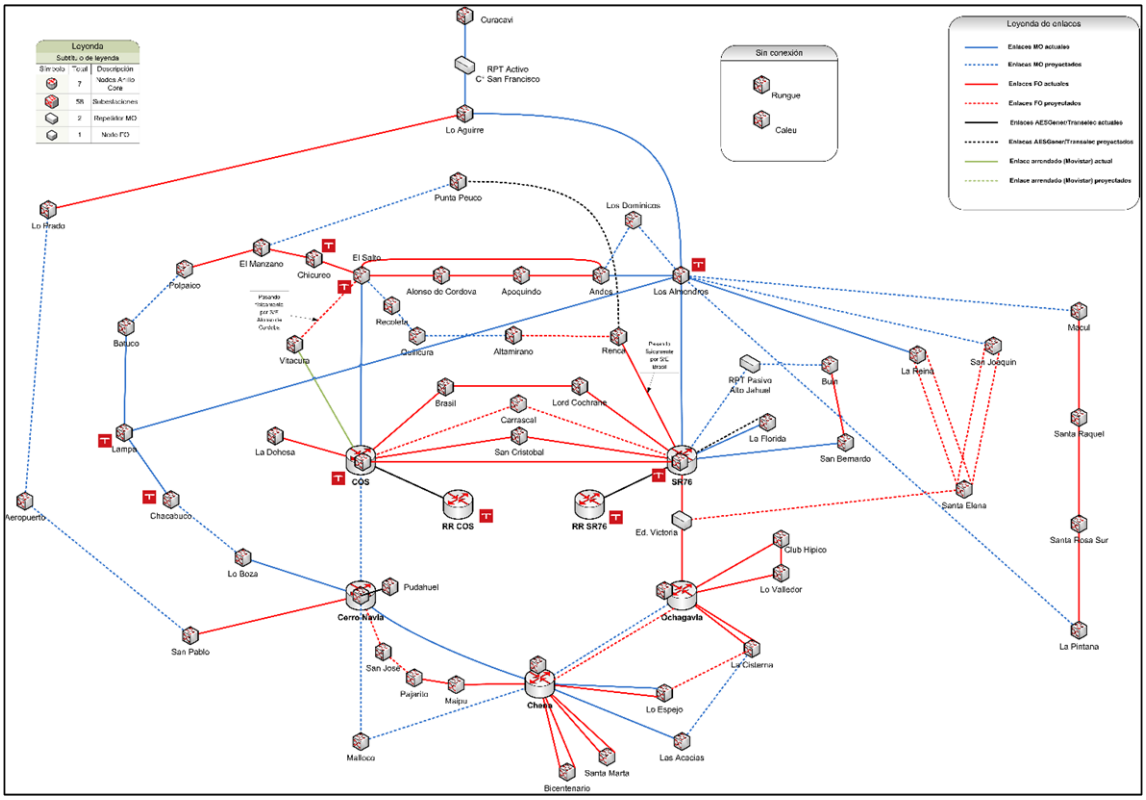


*Ilustración 3. Red de telecomunicaciones para comunicación entre subestaciones y sistema SCADA.*

Finalmente, otro punto a destacar, y no menos importante, es la presencia en Chile de un ente llamado Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), el cual tiene las atribuciones de fiscalizador, y coordinador de todas las empresas eléctricas presentes en el territorio chileno. Este organismo establece la existencia de un marco regulatorio para las empresas presentes en el negocio de la energía, el cual enumera una serie de obligaciones que las empresas deben cumplir a fin de realizar los estudios sobre el sistema eléctrico y mantener una calidad del servicio eléctrico regulado para cada cliente. Este marco regulatorio, abarca una gran cantidad de aspectos, sin embargo, para fines de este trabajo, mencionaremos aquellos que se ven directamente relacionados con el manejo de la información en tiempo real y la disponibilidad de la información de la operación eléctrica del sistema.

- Disponibilidad de la información en tiempo real de un 99,5% del tiempo en dependencias del SITR (Sistema de Información en Tiempo Real) del Coordinador Eléctrico Nacional.
- Edad del dato no superior a 5 segundos. Se establece como edad del dato a la diferencia entre la marca de tiempo en que se generó un evento en una instalación eléctrica y la marca de tiempo en que el mismo evento queda registrado en dependencias del SITR del Coordinador Eléctrico Nacional.
- Disponibilidad de la información de operación del sistema eléctrico por un periodo de 5 años.

Para tales efectos, el coordinador eléctrico nacional, dispondrá en su SITR (Sistema de Información en Tiempo Real) de un sistema SCADA, independiente de todas las empresas eléctricas, al cual todas las empresas presentes en el negocio de la energía deben reportar información técnica solicitada previamente por este.

Esta comunicación entre sistema SCADA del coordinador eléctrico nacional y SCADA de empresa de energía, se realiza mediante el protocolo IEC-60870-6/TASE.2 o más conocido como protocolo ICCP (Inter Control Center Communications Protocol) por sus siglas en inglés, creado específicamente para la comunicación entre dos centros de control. Este protocolo utiliza enlaces TCP/IP como capa de transporte del modelo OSI, y tiene la propiedad de ser bidireccional, es decir, tanto empresa de energía como coordinador eléctrico pueden oficiar tanto de cliente (recepción de información) como de servidor (entrega de información).

Con los componentes de infraestructura ya descritos, más el marco regulatorio mencionado, describiremos los aspectos técnicos a ser considerados para la migración de la aplicación SCADA,

presente en servidores locales, a una plataforma de Cloud Computing y cuáles son los principales beneficios que se obtienen de un arquitectura como la que se propone.

# 9. EVALUACION TECNICA

## 9.1 Análisis técnico de la plataforma actual de comunicaciones en comparación plataforma a implementar para solución Cloud.

Como se menciona en el capítulo 6 Escenario Actual, la plataforma de telecomunicaciones en operación contempla, en su gran mayoría, enlaces seriales para comunicar las RTU en las subestaciones con el sistema SCADA central, comunicación que realizan por protocolo IEC101. Sólo algunas RTU presentan enlaces sobre TCP/IP para transmisión de datos al SCADA central, utilizando protocolo IEC104 para tales efectos.

Bajo este escenario, una migración a plataforma CLOUD es inviable, ya que resulta imposible duplicar enlaces seriales a las instalaciones donde se alojaría la plataforma CLOUD con el sistema SCADA. Sin embargo, actualmente se encuentra en fase de implementación la migración a una nueva red de telecomunicaciones TCP/IP sobre tecnología MPLS, que permite la migración de la totalidad de las comunicaciones entre RTU de subestaciones hasta el sistema SCADA central a protocolo IEC104, es decir, un protocolo sobre TCP/IP que permitiría la comunicación a cualquier instalación, en cualquier parte, ya sea esta a instalaciones donde la red MPLS tenga interconexión con el sistema SCADA o considerando una conexión segura a internet, en caso que el sistema SCADA se encuentre en CLOUD.

Esta nueva arquitectura de comunicaciones crea una nueva red de servicios que comunica a los dos Datacenters donde se encuentran ubicados actualmente los dos ambientes, principal y respaldo, del sistema SCADA, lo que desde este punto vista facilitaría la comunicación directa hacia este sistema. Adicionalmente, si la opción es migrar el sistema SCADA central hacia alguna plataforma cloud ofrecida por algún otro proveedor de este servicio, la primera opción es realizar una conexión a internet desde estos Datacenters que permita la conectividad mediante este servicio a las nuevas direcciones IP que el proveedor de servicios cloud disponga para los servidores del sistema SCADA.

## 9.2 Factibilidad de migración a Cloud en términos de disponibilidad y estabilidad de la plataforma.

Las plataformas cloud han demostrado poseer elevados estándares de uptime, llegando a valores cercanos al 99,99995%, lo que se traduce en 1,2 horas de indisponibilidad por año. Por su parte, los principales sistemas SCADA ofrecen disponibilidades de 99,995% por año,

considerando su arquitectura de hardware, software y networking asociado, por lo que migrar una plataforma SCADA a servicios de hardware en cloud no reduciría la calidad de servicio ya ofrecida por las plataformas CLOUD, sino que por el contrario esta se vería aumentada.

Otro punto importante a considerar, es la solución y tiempos de reposición ante problemas de falla en el hardware destinado a la aplicación SCADA. En la actualidad, la plataforma SCADA cuenta con servidores físicos, por lo que ante una falla en algún componente de hardware, como por ejemplo un disco duro, podría conllevar la indisponibilidad completa de un servidor. En una plataforma cloud estas fallas son "transparentes", ya que con la virtualización de las máquinas se logra una independencia de los componentes físicos del servidor y se asegura una disponibilidad de los recursos solicitados el 100% del tiempo.

En concordancia con lo anterior, la configuración en cloud nos da la posibilidad de asignar mayores recursos de procesamiento y almacenamiento "on demand", lo que flexibiliza el crecimiento y gestión de recursos. Así por ejemplo, si detectamos que algún servidor, está recibiendo mucha carga de procesamiento por un periodo extenso, la plataforma cloud permite asignar más recursos este servidor reduciendo su impacto en el procesamiento y disminuyendo las probabilidades de error en el servidor.

## 9.3 Ventajas y desventajas de sistema Cloud para SCADA, consideraciones de almacenamiento, respaldo y seguridad de la información.

Actualmente, la gran mayoría de las empresas destinan un alto porcentaje de su presupuesto anual a implementar plataformas y aplicaciones cada vez más seguras y menos propensos a ser víctima de cyber ataque. Es esta línea uno de los principales focos de atención para considerar migrar un plataforma SCADA, de tiempo real, a una arquitectura del tipo Cloud.

Desde el punto de vista de la seguridad, almacenamiento de la información y recuperación del servicio ante desastres, las principales ventajas de una migración a plataforma Cloud son las siguientes:

- Recuperación ante desastres, contingencias y continuidad del negocio: Una de las principales ventajas de las plataformas cloud es la rapidez con la cual las empresas de este tipo de servicio responden y disponibilizan servidores para recuperar los servicios afectados ante desastres y/o contingencias. Este se entienden ya que los servicios y

aplicaciones son independientes del hardware en donde estas se ejecutan. Desde este punto de vista, el traslado o montaje de una plataforma SCADA no depende de la implantaciones de grandes redes telecomunicaciones ni Datacenters locales, sino que basta con asegurar una buena conexión a Internet y contar con los respaldos de las maquinas en producción.

- Incidentes de seguridad informática: el proveedor de los servicios de Cloud debe informar a los administradores de servicios y los usuarios de cualquier infracción de seguridad que sea detectada. Los administradores y los usuarios pueden solicitar la actualización y compatibilidad de la infraestructura dispuesta por proveedor de servicios Cloud ante actualizaciones de seguridad tanto de la plataforma base de sistema operativo, como de actualizaciones a nivel de seguridad en la aplicación como tal. Adicionalmente los proveedores de servicios Cloud se encuentran disponibles para auditorías de seguridad realizadas a instalaciones y servicios entregados.
- Los temas de almacenamiento y seguridad de la información son los puntos donde los sistemas SCADAs más vulnerables se encuentran, ya en general el almacenamiento se realiza en el mismo servidor y se mantienen copias en discos externos para asegurar el respaldo de esta. Para este tema, las plataformas Clouds cuentan con softwares e infraestructura especializada que aumenta las prestaciones y KPIs de respaldo de la información, así como encriptación y acceso a copias de seguridad, lo que eleva el standard de las plataformas SCADAS en Datacenters locales.

## 9.4 Servicios en Cloud.

A continuación realizaremos un análisis a 3 conocidos grandes proveedores de servicios Cloud, para los cuales se analizarán sus prestaciones, ventajas y desventajas en dos grandes áreas: **servicios IaaS** (Infrastructure as a Service) y **servicios SaaS** (Software as a Service), este último enfocado en la disponibilidad de una herramienta de software SCADA y algunas prestaciones adicionales como, aplicaciones de internet of Things, big data y data Mining.

Los 3 grandes proveedores son: Amazon con su servicio **AWS Cloud** (Amazon Web Service Cloud), Microsoft con su servicio **Azure**, y Google, con su servicio **Google Cloud Platform**. Estos grandes proveedores disponen de una gran cantidad de servicios en términos de almacenamiento, análisis y procesamiento de información, los que se muestran a continuación:

| | Amazon (AWS) | Microsoft (Azure) | Google (Google Cloud Platform) |
|---|---|---|---|
| Almacenamiento | **Amazon Simple Storage Service** | **Microsoft Azure Storage** | **Google Cloud Storage** |
| | Ventaja: Servicio con mayor tiempo de funcionamiento y Mayor documentación disponible. | Ventaja: Menor precio; Desventaja: menor velocidad de acceso a datos. | Ventaja: Menor precio |
| Especificaciones de almacenamiento y copias de seguridad. | **Amazon Glacier** | **Azure copia de seguridad** | **Nearline y Coldline** |
| | Integración sencilla con **AWS CloudTrail**, ideal para registro y monitoreo de llamada a API de acceso a almacenamiento para casos de auditorías. | Backup admite máquinas virtuales VMware y Hyper-V que se ejecutan en Linux y Windows, así como en servidores Windows Server. | Coldline: Acceso a datos con baja frecuencia; Nearline: acceso a datos con frecuencia media. |
| Procesamiento y/o cómputo. | **Elastic Compute Cloud (EC2)** | **VM Azure y Scale Sets** | **Compute Engine** |
| | Las 3 soluciones de estas empresas ofrecen una gran variedad de opciones y servicios asociados al procesamiento de información. Además ofrecen crecimiento de computo en apenas unos minutos. La diferencia radica en la forma en que realizan los cobros por uso, siendo AWS la compleja y Google Cloud la más sencilla. | | |
| Procesamiento para APP móviles. | **AWS Elastic Beanstalk** | -- | **Google APP Engine** |
| Analytics y Big Data. | **HDInsight** | **Elastic MapReduce** | **MapReduce** |
| Inteligencia de Negocios (BI) | **QuickSight.** | **Azure Machine Learning** | **Varias Herramientas** |
| | Servicios de Machine Learning e Inteligencia Artificial. | Servicios de Machine Learning e Inteligencia Artificial. | Cloud Vision, Cloud Speech entre otros y herramientas de Machine Learning de aprendizaje automático. |
| Localización de los servicios. | Las 3 empresas ofrecen sus servicios con una red a nivel global, siendo las instalaciones más cercanas a nuestro país las ofrecidas en Sao Paulo, Brasil. | | |

En resumen, desde el enfoque IaaS, no existen grandes ventajas ni desventajas de una plataforma de servicios Cloud sobre las otras, por lo que la elección de cualquiera de ellas, debe considerar opciones en los temas de SaaS y otras funcionalidades que puedan entregar estos proveedores.

Por otra parte, desde el punto de vista de soluciones SaaS (Software as a Service), no se encontró ninguna aplicación y/o desarrollo orientado a sistema SCADA dentro de los proveedores de servicios cloud investigados, por lo que la propuesta consistirá en "migrar las actuales funcionalidades del sistema SCADA y el software Spectrum Power 3.10 a la plataforma de hardware ofrecida por el proveedor de IaaS que se seleccione, siguiendo el plan de migración que se muestra a continuación".

## 9.5 PROPUESTA DE FASES PARA MIGRACION DEL SISTEMA SCADA A PLATAFORMA CLOUD.

Como se indica en el punto 7. Escenario Actual, el sistema SCADA que se desea migrar está compuesto por los siguientes servidores, tanto en su sitio principal como sitio de respaldo.

- Servidor Administración de base de datos llamado ADM (Administrator).
- Servidor de comunicación interna y servicios ICCP llamado COM (Comunicator).
- Servidor de interfaz usuario para HMI llamado UI (User Interface).
- Servidor de aplicaciones eléctricas en red o NA (Network Applications).
- Servidor frontera de comunicación con RTUs llamado CFE (Communications Front End).

Dado esto, el plan para migración del sistema SCADA a una plataforma cloud se presenta a continuación.

***ETAPA 0: (REQUERMIENTO MINIMO)*** ***Esta fase considera el traspaso de la totalidad de las comunicaciones de las RTU o sistemas de control local desde protocolo IEC101 a través de enlace serial a protocolo IEC104, mediante enlace TCP/IP. Este enlace puede ser realizado mediante vías de telecomunicaciones que conecten con la red local en los Datacenters o mediante salidas a internet que se dispongan en las subestaciones.***

***ETAPA 1: Migración datacenter local sitio de respaldo, manteniendo sitio principal con ambos Blade center en datacenter local.***

| FASE | ACTIVIDAD | CONSIDERACIONES |
|---|---|---|
| 1 | Migración de conexión de consolas de operación desde conexiones por red local a conexión a través de Internet. | Se mantiene comunicación de servidores en red local, se verifican tiempos de latencia para esta nueva comunicación. |
| 2 | Traslado de servidor UI (User Interface) a plataforma Cloud. | Pruebas de latencia de comunicación de servidores en red local con servidor UI en plataforma Cloud. |
| 3 | Disponibilizar segundo servidor CFE en plataforma Cloud. | Se traspasa las comunicaciones de RTUs que presenten protocolo IEC104 hacia nuevo servidor CFE en Cloud y se mantendrán aquellas que presenten enlaces seriales en servidor CFE en datacenter local. |
| 4 | Disponibilizar segundo servidor ADM en plataforma Cloud. | Se traspasa operación a servidor ADM y se realizan pruebas de tiempos de latencia y acceso a información histórica. |
| 5 | Disponibilizar segundo servidor COM en plataforma CLOUD | Se traspasa comunicación con ente regulador mediante protocolo ICCP y enlace dedicado a protocolo ICCP en comunicación vía Internet. Se debe verificar tiempos de actualización de información y cumplimiento de regulaciones referentes a tiempos de actualización y disponibilidad de la información. |
| 6 | Traslado de servidor NA a plataforma Cloud. | Verificación de funcionamiento de aplicación. |
| 7 | Se mantienen en servicio todos los servidores en Datacenter local, durante un periodo de tiempo que permita analizar la performance y estabilidad de la migración a la plataforma Cloud. | Es importante mencionar que el servidor CFE no se puede dar de baja en Datacenter local hasta el traspaso de la totalidad de los enlaces seriales a enlaces mediante protocolo TCP/IP. |

Una vez finalizada esta etapa de migración para el datacenter del sitio de respaldo, se debe realizar pruebas de performance para los usuarios de las aplicaciones con conexión a la nueva plataforma cloud, manteniendo, en todo momento, la plataforma del sitio principal en su actual instalación, es decir, datacenter local. De este modo, se asegura el failback exitoso en caso de detectar indisponibilidad o mal rendimiento del sistema migrado a plataforma Cloud.

***ETAPA 2*: Migración de Blade center 1 de datacenter local sitio principal, manteniendo en sitio principal segundo Blade center en operación normal.**

Esta actividad, consideras las mismas fases mostradas en la ETAPA 1, migración del datacenter del sitio de respaldo. El traspaso de la operación a la plataforma cloud se realizará de manera

controlada, y siempre manteniendo parte de la operación con conexión a los Datacenters locales.

***ETAPA 3:*** ***Migración de Blade center 2 de datacenter local sitio principal.***

Esta actividad, consideras las mismas fases mostradas en la ETAPA 1, migración del datacenter del sitio de respaldo, sin embargo, la explotación del sistema se está realizando desde la plataforma Cloud.

***ETAPA 4:*** ***Realización de pruebas funcionales del sistema y aplicación, análisis de seguridad, recuperación ante fallos y restauración de servidores.***

Además se propone encargar una auditoria externa, que analice, de manera exhaustiva, vulnerabilidades de seguridad que deban ser resguardadas y permitan garantizar la performance e integridad de la información.

# 10. OTRAS APLICACIONES.

Hasta ahora se han descrito algunas ventajas y consideraciones que se deben de tener en cuenta en la implementación o migración de un sistema SCADA de una empresa de distribución de energía eléctrica a una plataforma cloud, ya sea esta una nube pública, privada o hibrida. Estas consideraciones sólo se han especificado desde el punto de vista del proceso de migración en sí, sin considerar los beneficios que podría traer su migración para facilitar conexión con otras plataformas tecnológicas en boga en la actualidad, como lo son "Internet of Things" (IoT) y "Data-Mining" o "Big Data".

A continuación realizaremos una breve descripción de estas tecnologías, cómo estás se están aplicando en el mundo de empresas de energía eléctrica y como la migración a una plataforma cloud beneficiaria la implementación de estos nuevas tendencias.

## 10.1 Internet of Things.

El "Internet de las cosas" o IoT por sus siglas en inglés, es un concepto que trata de abarcar el avance de las tecnologías a dispositivos de uso cotidiano y que incluyen la opción de conexión a internet. El Internet de las cosas potencia objetos que antiguamente se conectaban mediante circuito cerrado, como comunicadores, cámaras, sensores, y demás, y les permite comunicarse globalmente mediante el uso de una conexión a internet.

Una de las definiciones más aceptadas para Internet de las cosas, es decir que se trata de una red que interconecta objetos físicos valiéndose del Internet. Estos objetos se valen de sistemas embebidos, o lo que es lo mismo, hardware especializado que le permite no solo la conectividad a Internet, sino que además programar eventos específicos en función de las tareas que le sean dictadas remotamente.

La operación de esta tecnología es bastante simple, cada dispositivo tiene una dirección IP por la cual puede ser conectada por algún otro dispositivo o servidor, al cual reporta información que puede coleccionar, o en algunos casos recibe alguna instrucción para realizar. Estos dispositivos suelen dividirse en dos tipos, sensores y dispositivos de acciones, existen varios dispositivos que realizan ambas tareas en forma simultánea.

Desde el punto de vista de la industria energética, actualmente existen dispositivos instalados en diversas áreas geográficas, algunos de los cuales no presentan comunicación con ningún sistemas y algunos otros que comunican, mediante protocolos como GPRS u ondas de radio, a

plataformas localizadas en las cercanías de estos, muchas de las cuales se encuentran aisladas de la red y que solo pueden ser monitoreados in situ. Si estos dispositivos contaran con conexión a internet, ya sea porque son reemplazados por dispositivos con esta opción o se conectan a un modem con conexión a internet, estos podrían comunicar con alguna plataforma que gestione la información que estos dispositivos pueden entregar. Esa plataforma podría ser un sistema SCADA, en una plataforma cloud público o privada, que gestione y despliegue dicha información en un centro de control y además permitir tomar decisiones de operación a los encargados de esto, permitiendo realizar acciones en caso de presentarse alguna falla y aumentar la calidad del servicio ofrecido por estas.

Si bien esta es una de las funciones actuales de los sistemas SCADA, esta acción está acotada a instalaciones bien definidas, como pueden ser las centrales de generación o las subestaciones eléctricas, en donde se dispone de equipos de medición y enlaces de comunicación disponibles para los efectos de reportabilidad y tele-medición, sin embargo, esto no es necesariamente cierto a lo largo de las líneas de transmisión eléctrica desde las centrales de generación a los grandes centros urbanos, o en las instalaciones en la red de distribución eléctrica al interior de las ciudades donde existe una gran cantidad de dispositivos que sensan o actúan sobre la red eléctrica y que no posee comunicación remota con ningún sistema.

Un ejemplo de estos equipos, son los dispositivos llamados “Indicadores de Falla”, equipos que se instalan en las redes eléctricas y que en caso de detectar alguna corriente de falla encienden algún dispositivo luminoso con el que cuentan (led). Estas corrientes generan interrupción del suministro eléctrico, por lo que las empresas comienzan a recibir reclamos indicando que algún sector está sin energía, para lo cual disponen de equipos de trabajos que comienzan a revisar estos “indicadores de falla” in situ, para determinar el punto más cercano de la falla y detectar el problema. Ahora bien, si estos dispositivos pudieran comunicar dicha información al sistema SCADA, presente en una nube, mediante una conexión a internet, o los mismos dispositivos de los clientes pudieran informar cuales presentan energía, cuales no cuentan con ella, en forma inmediata y con una conexión a internet, dicha información podría ser procesada y analizada en alguna plataforma en cloud y determinar la causa de la falla, ubicación aproximada de esta y tiempos en que esto podría ser resuelto. Esto es un ejemplo de como la unificación de los conceptos de SCADA en cloud e Internet de las Cosas, genera valor agregado en un proceso industrial y mejoras en la calidad de vida de las personas.

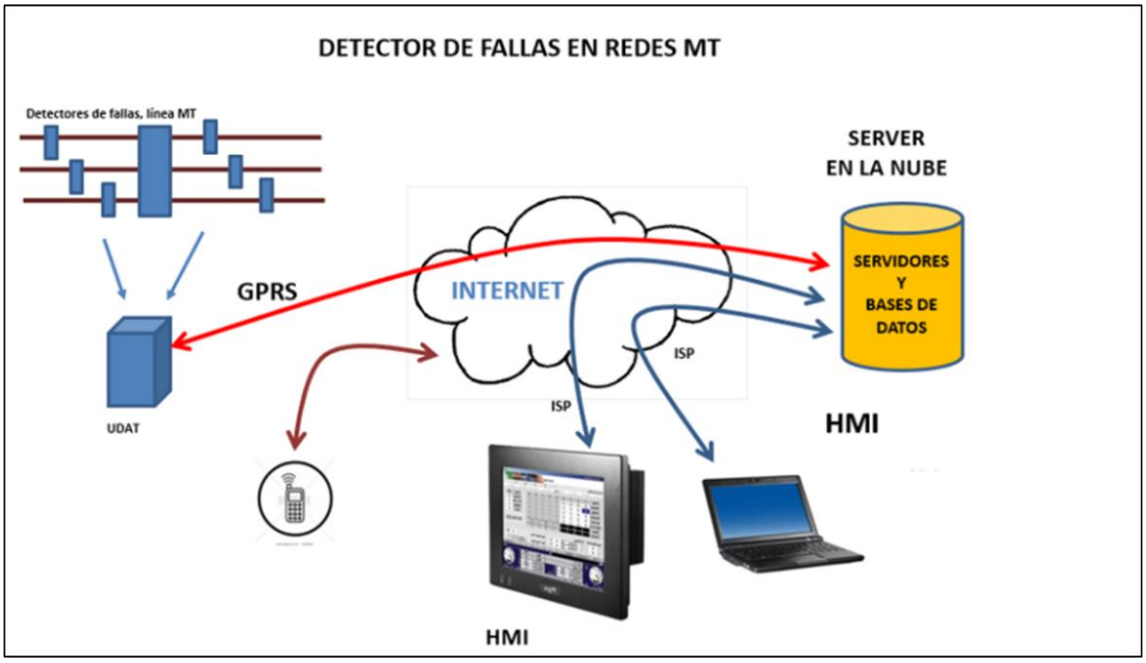


*Ilustración 4. Indicadores de fallas en redes de Media Tension.*
*Fuente: Innovared*

Sin embargo, y como un importante punto a considerar, se espera que un aumento en el número de dispositivos conectados a internet, así como la cantidad de datos generados y reportados por estos dispositivos, genere nuevas preocupaciones sobre temas como la privacidad de los datos, la soberanía de los datos y la seguridad, temas analizados en este documento.

## 10.2 Big Data y Data-Minning (Minería de Datos).

La minería de datos es un concepto que engloba el proceso de detectar anomalías, patrones y correlaciones dentro de grandes volúmenes de datos (Big Data) para predecir los resultados. Usando un amplio espectro de técnicas, esta información tiene múltiples objetivos finales, entre los que podemos destacar, aumentar los ingresos, reducir costos, mejorar las relaciones con los clientes, reducir riesgos, entre otros.

En el ámbito de la industria eléctrica, las técnicas de minería de datos han sido ampliamente utilizadas para monitorizar las condiciones de las instalaciones de alta tensión. La finalidad de este monitoreo es obtener información valiosa sobre el estado de los equipos y las características del consumo de energía, además de funciones más específicas como lo son el análisis las vibraciones o los cambios de carga en transformadores.

Las técnicas y aplicaciones de minería de datos han presentado un gran incremento en su uso, asociado muy directamente con el aumento de nuevos servicios y aplicaciones que se están migrando a arquitecturas en cloud computing, esto ya que la penetración de este último concepto en ambientes de las áreas TI del sector empresarial y científico, está generando un gran volumen de información que hace unos años se encontraba restringida a las instalaciones propias de cada industria o recinto de investigación.

La minería de datos en Cloud Computing permite a las organizaciones centralizar gestión de software y datos almacenamiento, con la garantía de eficiencia, servicios confiables y seguros para sus usuarios. Como la computación en la nube se refiere al software y el hardware entregado como servicios a través de Internet, en el software de minería de datos de computación en la nube también se proporciona de esta manera.

Los principales efectos de las herramientas de minería de datos siendo entregado por la nube son:

- El cliente solo paga por los datos herramientas de minería que él necesita, eso reduce sus costos ya que no lo hace tiene que pagar por la minería de datos complejos suites que no usa exhaustivamente;
- El cliente no tiene que mantener una infraestructura de hardware, ya que puede aplicar la extracción de datos a través de un navegador: esto significa que tiene que pagar solo los costos que se generan usando la computación en la nube.

Con lo anteriormente descrito, se observa una ventaja significativa al momento de implementar una herramienta de Data Minning para una plataforma SCADA que se encuentra en cloud computing versus una que se encuentra aislada de otras fuentes de información.

Para estas dos últimas aplicaciones que vienen a incorporar nuevas funcionalidades dentro de los sistemas SCADAs, los proveedores de servicios cloud ofrecen una serie de herramientas asociadas.

Tal es el caso de Google, que ofrece sus servicios de **Cloud IOT CORE**, el cual define como “un servicio completamente administrado que permite conectar, administrar y transferir datos con rapidez y seguridad desde millones de dispositivos en todo el mundo. Cloud IoT Core, en combinación con otros servicios de la plataforma de Google Cloud IoT, proporciona una solución completa para recopilar, procesar, analizar y visualizar datos de IoT en tiempo real a fin de mejorar la eficiencia operacional”.

Para Big Data, Google cuenta **Google Big Query**, aplicación definida como: “un almacén de datos empresariales de Google de bajo coste, de gran escalabilidad y sin servidor diseñado para mejorar la productividad de los analistas de datos”. Una de las ventajas de esta herramienta es que no existe ninguna infraestructura asociada a esto, solo es necesario centrarse en analizar los datos para obtener información importante mediante lenguaje SQL. BigQuery permite analizar todos los datos mediante la creación de un almacén de datos lógico sobre un almacenamiento administrado y en columnas, así como datos del almacenamiento de objetos y hojas de cálculo. BigQuery ayuda a compartir información valiosa con seguridad dentro de la organización y fuera de ella como conjuntos de datos, consultas, hojas de cálculo e informes”.

# 11. CONCLUSIONES.

El rápido avances de las tecnologías de la información y comunicación está abriendo nuevas posibilidades a la forma en que las industrias enfocan sus actividades. La industria de la energía eléctrica no es ajena a este escenario y se observa que con llegada de mayor rapidez y confiabilidad en la infraestructura de telecomunicaciones, las tareas de supervisión y control a largas distancias sean cada vez más comunes.

Esto lleva inmediatamente a pensar en la factibilidad de migrar el sistema SCADA a una arquitectura Cloud, para aprovechar las ventajas que este paradigma ofrece en su funcionalidad.

- Hardware y software de última generación, previniendo la obsolencia tecnológica.
- Altos estándares de disponibilidad de la plataforma y altos niveles de redundancia.
- Altos estándares de seguridad tanto física como cyberseguridad.
- Respaldo de información y restauración rápida en caso de falla.
- Soporte y servicio al cliente 24x7.

Adicionalmente, se suma la factibilidad de incorporación e integración con otras plataformas o fuentes de información como son aplicaciones de Big Data o el Internet de las Cosas, lo que agrega valor a las actuales arquitecturas de sistemas SCADAs permitiendo ofrecer mayores servicios y prestaciones a las empresas.

Si bien en cuanto a factibilidades técnicas y tecnologías se observan un sin número de beneficios, existen otros aspectos que deben ser considerados al momento de estudiar un proceso de migración de sistemas SCADAs a arquitecturas cloud, los cuales son:

- Marco regulatorio para el manejo de datos y localización del sistema SCADA del país donde la industria realiza su actividad.
- Cyber seguridad, encriptación de datos y acceso seguro a la información en tiempo real y señales de telecontrol.

Finalmente, es importante acercar los nuevos conceptos y tendencias que se asocian con las tecnologías de la información y comunicación (TICs) al área de las tecnologías de la operación y crear sinergias que permitan resolver incidentes, optimizar los recursos de hardware y mantener servicios actualizados, sin disminuir la confianza y seguridad que los sistemas de operación, aislados y con hardware exclusivo, poseen.

# 12. REFERENCIAS.


- ✓ Documentación proporcionado por Siemens en proceso de instalación de Spectrum Power 3 a empresa de distribución eléctrica.
- ✓ Data Sheet Siemens SCADA/ADMS as a Service – Digital Grid Services.
- ✓ The use of big data on electrical companies, Autor: Sheila Lorenzo Fernández, Universidad de Cantabria.
- ✓ Customer Story by Cisco in IoT – SDEE Muntenia Nord, part of Electrica Group. [www.cisco.com/go/customerstories]
- ✓ White Papers Cloud Computing for SCADA - http://www.indusoft.com/Documentation/White-Papers/ArtMID/1198/ArticleID/430/Cloud-Computing-for-SCADA.
- ✓ https://aws.amazon.com/es/
- ✓ https://azure.microsoft.com/es-es/
- ✓ https://cloud.google.com/