



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB DE SUPERVISIÓN,
CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS – SCADA EN LA EMPRESA
DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU**

AUTOR:

Bachiller: Pedro Paolo Benique Palomino

ASESOR:

Mgt. Ing.: Edwin Carrasco Poblete

Cusco – Perú

2017



Dedicatoria

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecerme y guiarme y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante este objetivo de mi vida .

A mis padres Felipe Benique Vargas y Haydee Palomino Ccorimanya, gracias a sus valores, dedicación, esfuerzo y comprensión; día a día con su compañía, fortaleza y amor hicieron que siga adelante sin rendirme, ya que son mi soporte para lograr mis deseos trazados.

A mis hermanas Sara Lidia Benique Palomino y Leslie Joghana Benique Palomino, mis grandes compañías que en todo momento me brindaron su apoyo y motivación.

PEDRO PAOLO BENIQUE PALOMINO



Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, también a mi familia por su apoyo, especialmente a mis papas, Felipe Benique, Haydee Palomino y mis hermanas, Sara y Leslie, que siempre los llevare en mi corazón.

Agradecer a mi docente asesor Mgt. Ing. Edwin Carrasco Poblete, por su dedicación, guía y apoyo para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo de investigación

Agradecer A la Universidad Andina del Cusco, a las Autoridades y a los Docentes, por la gran labor que desempeñaron en mi formación profesional. A nuestros dictaminantes de la Tesis, al Mgt Ing. Mónica Marca Aima e Ing. María Yornet Cuba del Castillo por su apoyo, motivación y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional integral.

PEDRO PAOLO BENIQUE PALOMINO



Nombres y Apellidos del jurado de la tesis y del Asesor

Asesor:

Mgt. Ing. Edwin Carrasco Poblete

Dictaminantes:

Mgt. Ing, Mónica Marca Aima

Ing. María Yornet Cuba del Castillo

Replicantes:

Mgt. Ing Luis Enrique Del Carpio Dueñas (SECRETARIO DE ACTAS)

Mgt. Ing William Alberto Chavez Espinoza



ÍNDICE

Dedicatoria 2

Agradecimientos..... 3

Nombres y Apellidos del jurado de la tesis y del Asesor..... 4

ÍNDICE 5

Relación de Tablas 10

Relación de Gráficos 11

Presentación 15

Resumen 16

ABSTRACT 17

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN 18

1.1. Planteamiento del Problema..... 18

1.2. Formulación del Problema 20

1.2.1. Problema General..... 20

1.2.2. Problemas Específicos..... 20

1.3. Justificación..... 20

1.3.1. Conveniencia..... 21

1.3.2. Relevancia Social 21

1.3.3. Implicancias Practicas 21

1.3.4. Valor Teórico 22

1.3.5. Utilidad Metodológica..... 22

1.4. Objetivos de la Investigación 23

1.4.1. Objetivo General..... 23

1.4.2. Objetivo Específicos..... 23

1.5. Delimitación del Estudio 23

1.5.1. Área Académica 23

1.5.2. Línea de Investigación: 23

1.5.3. Teórica..... 23

1.5.4. Delimitación Espacial 23

1.5.5. Delimitación Temporal 24

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO..... 25



- 2.1. Antecedentes de la Investigación 25
 - 2.1.1. Antecedentes Internacionales 25
 - 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... 29
- 2.2. Bases Teóricas 30
 - 2.2.1. Historia del Sistema SCADA – Supervisión, Control y Adquisición de Datos 30
 - 2.2.2. El control a distancia 32
- 2.3. Marco Conceptual..... 32
 - 2.3.1. Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA..... 32
 - 2.3.2. Funciones Principales del Sistema..... 35
 - 2.3.3. Esquema de un Sistema Típico..... 36
 - 2.3.4. Elementos del Sistema 37
 - 2.3.5. Protocolos SCADA..... 38
 - 2.3.6. Arquitectura general del Sistema SCADA..... 40
 - 2.3.8. Ejemplos de Procesos SCADA 42
- 2.4. Arquitectura del Sistema Web 45
 - 2.4.1. Arquitectura 3 capas..... 45
 - 2.4.2. Ventajas..... 46
 - 2.4.3. Arquitectura del Sistema Web SCADA 46
- 2.5. OPC (OLE Process Control) 48
 - 2.5.1. Propósitos..... 48
 - 2.5.2. Problema y solución OPC..... 49
 - 2.5.3. Arquitectura OPC cliente/Servidor 50
- 2.6. Servidor OPC..... 51
- 2.7. Cogent Data Hub OPC Tunneller 52
 - 2.7.1. Transmisión de datos en tiempo real 53
 - 2.7.2. Características 53
- 2.8. Servidor Local XAMPP 54
 - 2.8.1. Servicio APACHE TOMCAT 54
- 2.9. Web Services 55
 - 2.9.1. Componentes..... 56
 - 2.9.2. Arquitectura de un Web Services 58



2.10. Internet Information Server (IIS)..... 59

2.11. PHP 60

 2.11.4. Librería NuSoap 63

 2.11.5. Librería de Graficas HighChart JS 63

2.12. C#..... 64

2.13. phpMyAdmin 64

 2.13.1. Características 65

2.14. Plataforma Web 66

 2.14.1. HTML 66

2.15. Hipótesis..... 66

 2.15.1. Hipótesis General..... 66

 2.15.2. Hipótesis Especificas 66

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO 68

3.1. Viabilidad..... 68

 3.1.1. Viabilidad Operativa Técnica 68

 3.1.2. Viabilidad Legal..... 69

 3.1.3. Viabilidad Económico – Financiera 69

 3.1.4. Viabilidad Comercial..... 70

3.2. Alcance del Estudio..... 70

3.3. Metodología de desarrollo - Programación Extrema (XP)..... 71

 3.3.1. Rasgos principales 71

 3.3.2. Características 71

 3.3.3. Pasos básicos de la programación extrema 72

3.4. Metodología de investigación..... 75

 3.4.1. Investigación Experimental 75

 3.4.2. Investigación Bibliográfica 76

 3.4.3. Investigación Aplicada..... 76

 3.4.4. Procesamiento y Análisis de datos..... 76

 3.4.5. Desarrollo del Proyecto 76

3.5. Diseño de Investigación..... 77

 3.5.1. Especificación de Equipos 77

 3.5.2. Especificación de Software 77



3.6. Población 77

3.7. Muestra 78

3.8. Técnicas de Recolección de Datos..... 78

 3.8.1. Técnicas..... 79

3.9. Técnicas de Procesamiento de Datos..... 80

CAPITULO IV: DISEÑO 81

4.1. Descripción Actual de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. 81

 4.1.1. Datos Generales de la Empresa 81

 4.1.2. Actividades que realiza la empresa 81

 4.1.3. Reseña Histórica 82

 4.1.4. Misión..... 83

 4.1.5. Visión..... 83

 4.1.6. Organización Jerárquica 83

 4.1.7. Organigrama..... 84

4.2. Ubicación - Planta de Generación 84

4.3. Descripción de los Procesos, Operaciones Principales, Recursos y Ambientes de la Empresa. 85

 4.3.1. Generación 85

 4.3.2. Control y Maniobra 86

 4.3.3. Comercialización..... 86

 4.3.4. Instalaciones..... 86

4.4. Sistema SCADA - EGEMSA. 91

4.5. Identificación de requerimientos..... 92

 4.5.1. Historias de Usuarios 92

 4.5.1. Tabla de requerimientos..... 93

4.6. Prototipos del Sistema Web SCADA..... 98

 4.6.1. Ingresar al Sistema Web SCADA 98

 4.6.2. Seleccionar Opción para visualización de datos 99

 4.6.3. Seleccionar Ver Grupos 100

 4.6.4. Seleccionar CHM 105

 4.6.5. Seleccionar Ver Datos 106



4.7. Tarjetas CRC 107

4.7.1. Tarjeta CRC 1:..... 107

4.8. Diagrama de Base de Datos 108

CAPITULO V: IMPLEMENTACIÓN 109

5.1. Pruebas 109

5.1.1. Configuración Cogent Data Hub Servidor 109

5.1.2. Configuración Cogent Data Hub Cliente 111

5.1.3. Configuración Web Service 116

5.1.4. Configuración y Programación del Web Service..... 117

5.1.5. Configuración de la Máquina Virtual para el Sistema Web SCADA 124

5.1.6. Programación del Sistema Web SCADA 126

5.2. Validación y Verificación de Requerimientos 131

5.2.1. R1: Visualizar la Gráfica de líneas de la Generación de energía eléctrica del Grupo 1..... 131

5.2.2. R2: Visualizar la Gráfica de líneas de la Generación de energía eléctrica del Grupo 2..... 132

5.2.3. R3: Visualizar la Gráfica de líneas de la Generación de energía eléctrica del Grupo 3..... 132

5.2.4. R4: Visualizar la Gráfica de líneas de la Generación de energía eléctrica del Grupo 4..... 133

5.2.5. R5: Visualizar la Gráfica del Sistema SCADA. 134

5.2.6. R6: Visualizar el cuadro de los datos de la generación eléctrica..... 134

CAPITULO VI: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 136

4.1. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos 136

4.1.1. Objetivo Especifico 1 136

4.1.2. Objetivo Especifico 2 137

4.1.3. Objetivo Especifico 3 137

4.1.4. Objetivo Especifico 4 140

4.2. Resultados Respecto al Objetivo General 141

4.2.1. Objetivo General..... 141

CAPITULO VII: DISCUSIÓN 146

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos 146

5.2. Limitaciones del estudio 146



5.3. Comparación crítica con la literatura existente..... 146

5.4. Comparación Crítica con los Antecedentes: 147

D.- CONCLUSIONES..... 150

E.- RECOMENDACIONES 151

F.- BIBLIOGRAFÍA 152

G.- INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 158

H.- VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS 161

Interpretación de los resultados 161

I.- ANEXOS..... 166

Anexo 1: Arquitectura de la Implementación del Sistema Web SCADA 166

Anexo 2: Cronograma de la Implementación del Sistema Web SCADA..... 167

Anexo 3: Carta de Autorización para Investigación en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu 168

Relación de Tablas

Tabla 1: Requerimientos para Implementación del Sistema Fuente: Propia6777

Tabla 2: Especificaciones de Equipo Fuente: Propia..... 77

Tabla 3 : Tabla de Requerimientos Fuente: Propia..... 93

Tabla 4: Tabla de Requerimiento 1. Fuente: Propia 94

Tabla 5: Tabla de Requerimiento 2 Fuente: Propia 95

Tabla 6: Tabla de Requerimiento 3 Fuente: Propia 96

Tabla 7: Tabla de Requerimiento 4 Fuente: Propia 96

Tabla 8: Tabla de Requerimiento 5 Fuente: Propia 97

Tabla 9: Tabla de Requerimiento 6. Fuente: Propia. 98

Tabla 10: Descripción Ingresar al Sistema Web SCADA. Fuente: Propia 98

Tabla 11: Descripción Seleccionar Opción para visualización de datos. Fuente: Propia 99

Tabla 12: Descripción Seleccionar Ver Grupos. Fuente: Propia 100

Tabla 13: Descripción Ver Grupo 1. Fuente: Propia 101

Tabla 14: Descripción Ver Grupo 1. Fuente: Propia 102

Tabla 15: Descripción Ver Grupo 3. Fuente: Propia 103

Tabla 16: Descripción Ver Grupo 4. Fuente: Propia. 104



Tabla 17: Descripción Seleccionar CHM. Fuente: Propia. 106

Tabla 18: Descripción Ver Datos. Fuente: Propia 107

Tabla 19: Tarjeta CRC 1. Fuente: Propia..... 108

Tabla 20: Tabla de valores del Web Services. Fuente: Propia. 118

Relación de Gráficos

Ilustración 1: Esquema Básico del Sistema SCADA..... 37

Ilustración 2: Esquema de los elementos de un sistema SCADA. 38

Ilustración 3: Arquitectura del software SCADA..... 41

Ilustración 4: Arquitectura de un sistema de red SCADA. 42

Ilustración 5: Interfaz HMI de Planta empacadora de producto..... 43

Ilustración 6: Interfaz HMI de paletizadora. 43

Ilustración 7: Interfaz HMI de planta de bombeo..... 44

Ilustración 8: Interfaz HMI de generación eléctrica EGEMSA. 45

Ilustración 9: Arquitectura de tres capas..... 46

Ilustración 10: Arquitectura Sistema Web SCADA 47

Ilustración 11: Propósito OPC..... 49

Ilustración 12: Problema de Comunicación entre componentes eléctricos..... 49

Ilustración 13: Comunicación entre componentes eléctricos con OPC 50

Ilustración 14: Arquitectura Cliente/ Servidor OPC..... 50

Ilustración 15: OPC – OLE PROCESS CONTROL..... 51

Ilustración 16: Servicios de un Servidor OPC..... 51

Ilustración 17: DataHub® OPC Tunneller..... 52

Ilustración 18: DataHub OPC Tunneller..... 52

Ilustración 19: Apache Tomcat Software Foundation. 55

Ilustración 20: Arquitectura Apache Tomcat. 55

Ilustración 21: Arquitectura de un Web Services 59

Ilustración 22: Internet Information Server..... 60

Ilustración 23: Arquitectura PHP..... 61

Ilustración 24: Highchart JS..... 64



Ilustración 25: Pasos de la Programación Extrema 74

Ilustración 26: Sistema Web SCADA versión 1 (V1) 75

Ilustración 27: Sistema Web SCADA versión 2 (V2) 75

Ilustración 28: Pagina Web de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. 81

Ilustración 29: Organigrama EGEMSA S.A. 84

Ilustración 30: Mapa Político Sede Cusco 85

Ilustración 31: Mapa Geográfico - Planta de Generación CHM 85

Ilustración 32: Sala de Máquinas II Fase. Grupo Francis - Antes del Incidente de 1998..... 87

Ilustración 33: Represa km 107 87

Ilustración 34: Sala de Máquinas Primera Fase, Vista de los tres Grupos Pelton..... 88

Ilustración 35: Sala de Máquinas Segunda Fase, Cabezal Grupo Francis 88

Ilustración 36: Grupo Francis, Sala de Máquinas..... 88

Ilustración 37: Grupo Electrógeno Zulzer, Subestación Dolorespata..... 89

Ilustración 38: Taller Central Cusco 90

Ilustración 39: Represamiento o Embalse de Sibinacocha..... 90

Ilustración 40: MicroSCADA Central Hidroelectrica Machupicchu 91

Ilustración 41: Prototipo Ingresar al Sistema Web SCADA. 99

Ilustración 42: Prototipo Seleccionar Opción para visualización de datos. 100

Ilustración 43: Prototipo Seleccionar Ver Grupos. 101

Ilustración 44: Prototipo Seleccionar Ver Grupo 1. 102

Ilustración 45: Prototipo Seleccionar Ver Grupo 2. 103

Ilustración 46: Prototipo Seleccionar Ver Grupo 3. 104

Ilustración 47: Prototipo Seleccionar Ver Grupo 4. 105

Ilustración 48: Prototipo Seleccionar CHM. 106

Ilustración 49: Prototipo Ver Datos. 107

Ilustración 50: Base de Datos Usuario. 108

Ilustración 51: Configuración Cogent Data Hub Servidor..... 109

Ilustración 52: Configuración Cogent Data Hub Servidor Variables. 110

Ilustración 53: Configuración General Cogent DataHub..... 111

Ilustración 54: Configuración General Cogent DataHub Cliente..... 111

Ilustración 55: Configuración Dominio de Datos..... 112

Ilustración 56: Definición del Servidor OPC Cliente. 112



Ilustración 57: Configuración del Túnel Cogent Data Hub Cliente Vista General. 113

Ilustración 58: Configuración del Túnel Cogent Data Hub Cliente. 113

Ilustración 59: Configuración Tunnel/Mirror Cliente..... 114

Ilustración 60: Ver datos del Tunnel/Mirror Cliente. 115

Ilustración 61: Ver Conexiones del Tunnel/Mirror Cliente. 115

Ilustración 62: Registro de Scripts Tunnel/Mirror Cliente..... 116

Ilustración 63: Configuración del IIS..... 117

Ilustración 64: Configuración un Web Services..... 117

Ilustración 65: Publicar un Web Services. 121

Ilustración 66: Publicar un Web Services Sitio XML..... 121

Ilustración 67: Administrar Sitio Web Services en IIS..... 122

Ilustración 68: Pruebas de un Cliente del Web Services..... 122

Ilustración 69: Pruebas de un Cliente del Web Services MiServicioWeb Prueba. 123

Ilustración 70: Pruebas de un Cliente del Web Services variables.xml. 123

Ilustración 71: Instalación y Configuración Servidor XAMPP..... 124

Ilustración 72: IP de la Máquina Virtual Servidor XAMPP. 125

Ilustración 73: Carpeta Local Sistema WEB SCADA XAMPP..... 125

Ilustración 74: Ubicación código Fuente Sistema WEB SCADA XAMPP..... 126

Ilustración 75: Menú Sistema WEB SCADA XAMPP. 127

Ilustración 76: Ver Grupos Sistema WEB SCADA XAMPP. 127

Ilustración 77: Ver Grupo 1 Sistema WEB SCADA. 128

Ilustración 78: Ver Grupo 2 Sistema WEB SCADA. 128

Ilustración 79: Ver Grupo 3 Sistema WEB SCADA. 129

Ilustración 80: Ver Grupo 4 Sistema WEB SCADA. 129

Ilustración 81: Ver SCADA - CHM Sistema WEB SCADA..... 130

Ilustración 82: Ver Datos de Generación SCADA - CHM Sistema WEB SCADA..... 131

Ilustración 83: Página Principal Sistema Web SCADA 142

Ilustración 84: Pagina de Navegación Sistema Web SCADA 142

Ilustración 85: Página de Navegación de Grupos Sistema Web SCADA 143

Ilustración 86: Grafica de Línea Grupo 1 Sistema Web SCADA 143

Ilustración 87: Grafica de Línea Grupo 2 Sistema Web SCADA 144

Ilustración 88: Grafica de Línea Grupo 3 Sistema Web SCADA 144



Ilustración 89: Grafica de Línea Grupo 4 Sistema Web SCADA 144

Ilustración 90: Grafica del SCADA Sistema Web SCADA..... 145

Ilustración 91: Tabla de Datos de la Generación de energía Eléctrica 145

Ilustración 92: Colaboradores que conocen la cantidad de energía eléctrica..... 161

Ilustración 93: Colaboradores que les gustaría tener información de la energía eléctrica
Fuente: Propia..... 162

Ilustración 94: Elección de opciones para visualización de datos..... 163

Ilustración 95: Opinión sobre un Sistema Web 164

Ilustración 96: Beneficios de un Sistema Web 164

Ilustración 97: Calificación de un Sistema de visualización de datos en tiempo real 165



Presentación

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Dr. Ing. Luis Amadeo Mendoza Quispe.

Distinguidos señores miembros del Jurado; al término de mi estudio profesional, de conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad, y con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, y con la seguridad de que la investigación, servirá más adelante como referencia y aporte a futuras investigaciones sobre el tema. Pongo a vuestra consideración la presente tesis intitulada “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS – SCADA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU”.

Atentamente

Br. PEDRO PAOLO BENIQUE PALOMINO



Resumen

La presente tesis intitulada: “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS – SCADA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU”. Busca dar una solución a una realidad problemática para los colaboradores de la entidad, puesto que no tienen un conocimiento completo acerca de cuál es la cantidad de generación de energía eléctrica que ocurre en EGEMSA, ya que al ver esta situación, cada colaborador desconoce este problema.

Otra razón fundamental por la que se realizó esta implementación del Sistema Web SCADA, es para no utilizar una licencia pagada al ingresar al sistema SCADA para visualización, manipulación y control de este sistema, sino de utilizar herramientas de software libre y de fácil adquisición, que puedan extraer la información en tiempo real desde el Sistema SCADA, que está instalada y ubicada en el Centro de Control en Cusco y en Machupicchu.

Es por ello, que el presente trabajo de tesis hace uso de herramientas de fácil adquisición, como por ejemplo Cogent Datahub, que logrará la migración de datos en tiempo real y sin pérdida de datos con el protocolo OPC, lenguajes de programación como PHP y C#, también los servicios que brinda Windows, como el Internet Information Server (IIS), para publicar en un Servicio Web, así como la utilización de máquinas virtuales para minimizar recursos para tal implementación.

Esperando que este aporte sirva de referencia para nuestras vidas profesionales en un campo de acción de la línea en estudio y la empresa se sienta satisfecha con de repente usar algunas recomendaciones que puedo proporcionarle, también que en el futuro se pueda implementar varios sistemas de información que ayuden a la empresa, utilizando la tecnología al alcance y de fácil adquisición.

Pedro Paolo Benique Palomino.

Palabras claves: Sistema SCADA, Cogent DataHub, Protocolo OPC, Sistema Web SCADA y Internet Infomation Server.



ABSTRACT

This thesis entitled: "IMPLEMENTATION OF THE WEB SYSTEM FOR SUPERVISION, CONTROL AND DATA ACQUISITION - SCADA IN THE COMPANY OF ELECTRIC GENERATION MACHUPICCHU". It seeks a solution to the reality of the patients of the entity, who do not have a complete knowledge about what is the amount of electricity generation that occurs in EGEMSA, since to see this situation, each collaborator does not know this problem. Another fundamental reason for this implementation of the SCADA system is to use the license to enter the SCADA system for visualization, manipulation and control of this system, but to use the free software tools and The easy acquisition, which More information on the real time from the SCADA System, which is installed and located in the Control Center in Cusco and in Machupicchu. It is for this reason that the present thesis work makes use of tools of easy acquisition, like for example Cogent Datahub, that registers the migration of data in real time and without the loss of data with the protocol OPC, programming languages like PHP and C #, as the Internet Information Server (IIS), to publish to a Web Service, as well as the use of virtual machines to minimize the resources for such an implementation. Hoping that it serves as reference reference for their professional lives in a field of action of the line under study and the company feels satisfied with the sudden use of some recommendations that can offer you, also that in the future you can implement several information systems Which help the company by using reachable and easy-to-reach technology.

Keywords: SCADA System, Cogent DataHub, OPC Protocol, SCADA Web System and Internet Infomation Server.



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del Problema

La Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. - EGEMSA, desarrolla actividades de generación de energía eléctrica por medio de sus instalaciones ubicadas en el Sur Este del Perú, las cuales se encuentran conectadas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)¹, teniendo su sede institucional en la ciudad del Cusco, la Central Hidroeléctrica Machupicchu se encuentra ubicada en la jurisdicción del distrito de Machupicchu, provincia de Urubamba, departamento del Cusco, este proyecto aprovecha un amplio recodo que forma parte del río Vilcanota bordeando la ciudadela Inca de Machupicchu.

Las obras de toma llamado también Represa se ubican en el kilómetro 107 de la línea férrea Cusco – Machupicchu y la Central Hidroeléctrica está ubicada en el kilómetro 123 de la indicada línea férrea.

La Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. - EGEMSA, cuenta con varios sistemas automatizados para la manipulación y el control del Sistema de Control Eléctrico de los grupos de generación eléctrica Pelton y Francis, por ejemplo el Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, Sistema de Control de Servicios Auxiliares de la Central, Sistema de Protección y Medidas de Grupos, Sistema de Control, Supervisión y Monitoreo de la SE a 138 kV – LRX, Sistema de Control Centralizado de la Central – KIT, Sistema de Comunicaciones – KHF, Sistema de Medidas Hidráulicas – KMH, entre otros, todos estos Sistemas recopilan las señales de parámetros Eléctricos - Mecánicos, así como también señales de operación, maniobras y actuación de equipos e instrumentos, todos sistemas están enlazados con el de control centralizado desde el cual se puede monitorear remotamente la operación, como también realizar maniobras de apertura y cierre de circuitos, todo esto desde las estaciones de trabajo ubicadas en Sala de Control a través del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, ubicados en dos únicos establecimientos en la Casa de Maquinas en Machupicchu y en el Centro de Control en Dolorespata sede Cusco.

¹ *Diario La República. (2013). Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. (SEIN)*



Este Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, está basado en computadores que permiten supervisar y controlar procesos industriales a distancia de una instalación, como es en el caso de EGEMSA, este sistema se adquiere mediante una licencia completa para tal manipulación y visualización de datos, pero limitada por acceso a una conexión este es uno de los problemas más críticos de los colaboradores y personas interesadas para tal visualización de datos de la generación eléctrica.

Para no utilizar una licencia innecesariamente y no pagar por adquirir dicha licencia, solo por la visualización de los datos de los grupos de generación eléctrica, se plantea la Implementación de un Sistema Web de Generación Eléctrica de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, utilizando las Tecnologías de Información y Telecomunicación, realizando una migración de datos atravesando por un túnel en tiempo real utilizando el servidor Ole Process Control (OPC)², por el Software CogentDataHub³, que permite configurar rápidamente conexiones seguras y robustas, protegiendo los datos adquiridos, y así con estos datos adquiridos llevarlos a un WebServices⁴ utilizando el Internet Information Server (IIS)⁵ que es un servicio de Windows que generara un XML⁶ y ser reutilizados por un servidor local en Windows y programados para un cliente en PHP⁷ ya que cuenta con librerías para la adquisición de datos en tiempo real.

² OPC – Foundation – The industrial Interoperability Standard - <https://opcfoundation.org>

³ Cogent DataHub – DataHub OPC Tunneller - <http://www.cogentdatahub.com/>

⁴ Halvorse, Hans – Petter – University College of Southeast Norway – Web Services with Examples

⁵ Internet Information Services - <https://manage.iis.net/>

⁶ Reino Romero, Afredo – Introducción a XML en Castellano

⁷ Maraboli Rosselott, Marcelo – Manual de Programación en PHP



1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿COMO OBTENER INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA SCADA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son las variables del Sistema SCADA para la implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA?
2. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA?
3. ¿Cómo visualizar la información de la generación eléctrica desde un usuario externo en la implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA?
4. ¿Qué arquitectura de red permitirá establecer comunicación en la Implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA?

1.3. Justificación

Las actuales exigencias del mercado internacional en el rubro de generación eléctrica, han llevado a la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. a buscar soluciones para poder mantener los niveles de producción supervisados y debidamente controlados, adicionalmente se tiene problemas con el control de dicha información, puesto que solo el personal autorizado tiene acceso a esta información del sistema de Supervisión, Control y Adquisición de datos - SCADA.

Para ello se ha visto la necesidad de implementar el Sistema Web SCADA, para el proceso de adquisición de información en tiempo real, siendo esta una herramienta fundamental para la visualización de la generación eléctrica de los grupos Pelton y Francis, este sistema ayudará a la empresa en diferentes aspectos:

- Visualización de la información de la generación de energía eléctrica en tiempo real.
- Herramienta de alerta para la observación del funcionamiento de los Grupos.
- Aplicativo móvil de fácil acceso.



1.3.1. Conveniencia

En la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., al paso del incremento de la demanda de generación de energía eléctrica, no cuenta con una herramienta fundamental y específica para la visualización de datos, en un Sistema Web y mucho menos en un dispositivo móvil; por ello la implementación del Sistema Web SCADA, en EGEMSA, será beneficiosa para solucionar este problema que ocurre en la empresa actualmente, ya que solo se cuenta con una licencia por acceso a una conexión.

Esta implementación será una propuesta de gran importancia para la empresa, ya que al desarrollarla se podrá concientizar de manera general a los colaboradores un conocimiento general de la cantidad de generación de energía eléctrica, por lo cual se puede observar que no existe dicha información sobre la situación actual de la empresa, otra aportación del Sistema Web SCADA, es que podría ser utilizado para proyectos futuristas en la adquisición de datos en tiempo real.

1.3.2. Relevancia Social

En la medida en que se ordene, documente y se comparta el conocimiento originado a través de la Implementación del Sistema Web SCADA, en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., los colaboradores y la sociedad podrán tener un acceso a la datos de la cantidad de generación eléctrica, obteniendo una información veraz y en tiempo real acerca del funcionamiento y generación de los grupos eléctricos, dicho Sistema Web SCADA, será amigable para la utilización, comprensión y lectura para cualquier usuario que desee visualizar dicha información.

En el mediano y largo plazo, ello permitirá facilitar un mejor control de la generación de electricidad y a su vez será una herramienta que ayudará a mostrar la situación actual de la producción.

1.3.3. Implicancias Practicas

Las razones que señala la investigación propuesta, ayudarán a la solución de problemas, a la toma de decisiones o a la propuesta de estrategias que contribuyan a la solución de los problemas establecidos anteriormente. Los estudios e investigaciones realizadas en esta implementación son



eminentemente de carácter práctico; puesto que describen y analizan un problema para plantear acciones de solución, ya sean de productividad, calidad, motivación, supervisión, asertividad, entre otros.

1.3.4. Valor Teórico

En este proyecto se utilizará la migración de datos desde el Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, con un servidor OPC utilizando un túnel por un puerto determinado que ofrece la herramienta Cogent DataHub. Una vez extraído esta data, se realizará la creación de un web Services, que será el servidor de servicios en IIS, de allí podremos tener clientes en varios lenguajes de programación como PHP, C#, Python, etc. Es por ello que las principales aportaciones teóricas de esta investigación serán:

- Utilizar este Sistema Web SCADA, sin necesidad de adquirir una licencia y poder tener la información inmediatamente desde nuestro dispositivo móvil.
- Dar a conocer a los colaboradores de la empresa y a la sociedad en general sobre los niveles de generación de energía eléctrica.
- Plantear esta investigación como base fundamental de nuevos proyectos que tengan como objetivo común la visualización de datos y documentar la información, para que programadores, diseñadores y analistas de sistemas puedan reutilizar dicho conocimiento; y con ello se podrá obtener beneficios para las diferentes instituciones de generación de energía eléctrica.

1.3.5. Utilidad Metodológica

Con esta investigación no se logrará crear un nuevo instrumento para la recolección o análisis de datos, pero si ayudará a observar desde otro punto de vista una recolección de datos estadísticos en tiempo real, como por ejemplo la generación eléctrica a detalle de los cuatro grupos: 3 grupos Pelton y 1 grupo Francis, y a su vez el total generado. Con la implementación del Sistema Web, también se contará con esta información desde un aplicativo móvil, disponible para diferentes usuarios dentro y fuera de la empresa y en el momento que se requiera dicha data.



1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

IMPLEMENTAR EL SISTEMA WEB SCADA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU.

1.4.2. Objetivo Específicos

1. Determinar las variables del Sistema SCADA para la implementación del Sistema Web SCADA.
2. Determinar cuáles son las ventajas y desventajas de la implementación del Sistema Web SCADA, en EGEMSA.
3. Visualizar la información de la generación eléctrica desde un usuario externo en la implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA.
4. Desarrollar una arquitectura de red que permita establecer comunicación en la Implementación del Sistema Web SCADA en EGEMSA.

1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. Área Académica

Ingeniería de Sistemas.

1.5.2. Línea de Investigación

Tecnologías de Información y Telecomunicación.

1.5.3. Teórica

Para la elaboración y ejecución del presente trabajo de investigación se utilizaron teorías científicas y jurídicas correspondientes al Sistema Web SCADA en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

Se tomara en cuenta el estándar para la seguridad de la información ISO/IEC 27001:2005⁸.

1.5.4. Delimitación Espacial

La implementación del Sistema Web SCADA en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., será desarrollada en la oficina de Tecnologías de Información en el Área de Administración, de la sede principal de Dolorespata, ubicado en el distrito de Santiago en la ciudad del Cusco.

⁸ ISO/IEC 27001:2005 Information technology — Security techniques — Information security management systems - Requirements



1.5.5. Delimitación Temporal

El estudio es de tipo Básica – Longitudinal. Se inició el 1 de Enero del 2016 y se culminara el 31 de Abril del 2017.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- **Tesis:** Diseño e Implementación de un Sistema SCADA utilizando el software Intouch con red de comunicación Ethernet para la planta liofilizado para la compañía de elaborados de café “EL CAFÉ C.A.”

Año: 2015

Autor: Luis Oswaldo Betancourt Safla

Origen: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil

En dicha investigación se da conocer que su objetivo es visualizar y registrar las variables de control de las diferentes áreas de procesos de café Liofilizado⁹ para un mejor control, en donde se utilizan controladores lógico programables (PLC) utilizando el protocolo Ethernet, para comunicarse con el servidor donde se encuentra el software Intouch.

Los registros históricos de las variables intervienen en el proceso de Liofilizado y se pueden monitorear en el servidor de control, donde pueden generar archivos en formato de Excel para la información sea más amigable con el operador.

- **Tesis:** Implementación de una Red Industrial CAN para un Sistema SCADA

Año: 2014

Autores: Julián Andrés Vidal I, Milton Sergio Zúñiga G. y Oscar Amaury Rojas A

Origen: Universidad de Cauca

En la investigación se implementó un proyecto de una red CAN para la supervisión y control de los procesos industriales existentes en el laboratorio de control de la Universidad del Cauca, haciendo uso de

⁹ Liofilizacion – Proceso de deshidrocongelacion, proceso en que se congela el producto y posteriormente se introduce en una cámara de vacío - <https://es.wikipedia.org/wiki/Liofilizaci%C3%B3n>



Controladores Lógicos Programables (PLC's) y software de programación y supervisión de Rockwell Automation.

- **Tesis:** Análisis E Implementación de la Actualización del Centro de Control del Sistema Scada de Gases de Occidente S.A. E.S.P.

Año: 2016

Autor: Leidy Yinet Ferro

Origen: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Este proyecto da a conocer el alcance de actividades propuesto para la actualización del centro de control del sistema SCADA de la empresa Gases de Occidente S.A. E.S.P. Comprende una etapa inicial de conocimiento general del negocio y del proceso de distribución para identificar plenamente las necesidades planteadas por el cliente, de acuerdo a los requerimientos, seguido del planteamiento de cómo será la estructura de la información y la iteración de los diferentes actores como usuarios finales, para así generar la propuesta de actualización y su posterior implementación. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas durante el proceso, para tenerlas en cuenta en las futuras implementaciones que se tienen proyectadas.

- **Tesis:** Diseño e Implementación de Plataforma SCADA para Sistema de Electrificación Sustentable en la localidad de Huatacondo.

Año: 2011

Autor: Pablo A. Weber Cornejo

Origen: Universidad de Chile

En la tesis se realiza una investigación acerca de contar con una plataforma de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) aplicada a la "micro-red GeVi" del poblado de Huatacondo, que permite operar un sistema eléctrico de forma eficiente aprovechando los recursos distribuidos con que cuenta la localidad. Propone una arquitectura de hardware basada en un sistema SCADA tradicional que incorpora elementos particulares de una micro-red, tales como medidores de consumo inteligentes y



dispositivos inalámbricos especializados en el control de la demanda de los usuarios. Adicionalmente, se extiende su diseño para lograr control y monitoreo remoto desde cualquier lugar mediante el uso de internet. La arquitectura propuesta sigue los lineamientos del estándar IEEE 1547.3¹⁰.

- **Tesis:** Diseño e implementación de una red de comunicaciones entre subestaciones eléctricas.

Año: 2009

Autores: Albert Margarit Villarrubia y Alberto Romero Espín

Origen: Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

En la investigación explica cómo diseñar una red de comunicaciones dentro del sector eléctrico, desde la realización del diseño en planos hasta el desplazamiento a campo y la puesta en servicio de toda la red. En la investigación se propuso los siguientes objetivos:

En primer lugar el diseño e implementación física de una red de comunicaciones.

En el diseño de la red tendremos en cuenta las peticiones del cliente. La red diseñada e implementada, permite:

- La transmisión de datos importante de los datos de control a un sistema de gestión remoto SCADA.
- El mantenimiento de la red
- Sistema de telefonía.
- El uso de sistemas de teleprotección para la seguridad de las líneas eléctricas.

- **Tesis:** Gestión Segura de Redes SCADA.

Año: 2008

Autores: Cristina Alcaraz, Gerardo Fernández, Rodrigo Román, Ángel Balastegui y Javier López

¹⁰ IEE 1547.3 - Institute of Electric and Electronics Engineers – Weber Cornejo, Pablo Andrés – “Diseño e Implementación de Plataforma SCADA para Sistema de Electrificación sustentable en la localidad de Huatacondo”



Origen: Universidad de Málaga

En la investigación definen acerca del sistema SCADA que es un sistema complejo cuyo objetivo principal es el de llevar a cabo los procesos de supervisión y gestión de otros sistemas complejos, cuyos recursos son considerados críticos (por ejemplo, el agua, gas, gasóleo o la electricidad). Estos sistemas de control han ido evolucionando con el paso de la historia, estando actualmente basados en entornos distribuidos y con componentes (hardware y software) muy variados, siendo la mayoría de ellos componentes COTS (Commercial-Off-The-Shelf) para reducir costes de implementación y mantenimiento.

- **Tesis:** Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica.
Año: 2012.

Autores: Ricardo Salvador Chacón Morales.

Origen: Universidad de El Salvador.

En la investigación realiza una simulación de un proceso SCADA en una planta geotérmica típica y de esta manera realizar la presentación y manipulación de las principales variables que intervienen en el proceso de conversión de energía y en el proceso de extracción, separador ciclónico, turbina y torre de enfriamiento, con el propósito de demostrar y aprender el uso del programa SCADA WINCC.

- **Tesis:** Estudio de redes de área extendida (WAN) para su aplicación en sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition).
Año: 2008.

Autores: Marcelo Enrique García Rodas.

Origen: Universidad de Azuay.

La investigación se centra en las necesidades que tiene cada uno de los diversos tipos de sistemas SCADA en cuanto a su adquisición de datos, comunicación y a los distintos niveles de operación y de la manera en como



ellos pueden ser interconectados entre sí, sistemas desarrollados en escenarios de área extendida en los que se hace uso de las tecnologías WAN¹¹ para el transporte de datos, consiguiendo el mejor desempeño y obteniendo la mayor eficiencia con los protocolos recomendados para cada caso.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- **Tesis:** Desarrollo de un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos en tiempo real con el apoyo de herramientas de inteligencia de negocios.

Año: 2013.

Autores: Edwin Chaparro Ampa y Emerson Chaparro Ampa.

Origen: Universidad San Antonio Abad del Cusco.

En dicha investigación se realizaron un diseño y la creación de una base de datos llamada “DATA WAREHOUSE”, la cual tiene como propósito satisfacer las necesidades del usuario en cuanto a reportes y análisis de datos, sobre ese componente se construyeron reportes así como cubos dimensionales y aplicaron “algoritmos de minería de datos”.

- **Tesis:** Automatización de una Subestación Eléctrica utilizando el Protocolo IEC 61850 y el ICCP¹² para el envío de Datos.

Año: 2010.

Autores: Marco Antonio Toscano Palacios

Origen: Universidad Ricardo Palma.

En esta investigación consiste en automatizar una Subestación Eléctrica mediante el uso de los protocolos IEC 61850 e ICCP, utilizando IED (Intelligent Electronic Device) y RTU (Remote Terminal Unit), para el mejor desempeño de estos equipos en las empresas eléctricas que cuentan con sistemas de monitoreo y control en tiempo real, sistemas SCADA

¹¹ WAN – Wide Area Network – Redes en educación 3 – Capítulo 2 Redes WAN

¹² ICCP – Inter Control Center Protocol – Becker D – “Inter-Control Center Communications Protocol (ICCP, TASE.2): Threats to DataSecurity and Potential Solutions”



(Supervisory Control and Data Acquisition) que son desarrollados sobre plataformas como Windows y Linux.

- **Tesis:** Diseño e implementación de un software SCADA para el módulo de temperatura del CEMA.

Año: 2011.

Autores: Alfonso Ramón Chung Pinzas y Edgar Ruiz Lizama

Origen: Universidad Nacional Mayor San Marcos.

En dicha investigación se realizaron un módulo de control de temperatura del Centro de Manufactura Avanzada de la UNMSM (CEMA). Dicho resultado fue un aplicación SCADA para control de temperatura desarrollado en el lenguaje G¹³ del software LabView.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Historia del Sistema SCADA – Supervisión, Control y Adquisición de Datos

Los primeros SCADA eran simplemente sistemas de telemetría¹⁴ que proporcionaban reportes periódicos de las condiciones de campo vigilando las señales que representaban medidas y/o condiciones de estado en ubicaciones de campo remotas. Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación alguna. La visión del operador en el proceso estaba basada en los contadores y las lámparas detrás de paneles llenos de indicadores. Mientras la tecnología se desarrollaba, los ordenadores asumieron el papel de manejar la recolección de datos, disponiendo comandos de control, y una nueva función, presentación de la información sobre una pantalla de CRT¹⁵. Los ordenadores agregaron la capacidad de programar el sistema para realizar funciones de control más complejas.

Los primeros sistemas automatizados SCADA fueron altamente modificados con programas de aplicación específicos para atender a requisitos de algún

¹³ *Lenguaje G – Jiménez, Ricardo – “Ingeniería de Manufactura”*

¹⁴ *Sistema de Telemetría - Tele medida o medida a distancia – “Sistemas de Visualización (2006)”*

¹⁵ *CRT – Sistemas de Visualización (2006)*



proyecto particular. Como ingenieros de varias industrias asistieron al diseño de estos sistemas, su percepción de SCADA adquirió las características de su propia industria. Proveedores de sistemas de software SCADA, deseando reutilizar su trabajo previo sobre los nuevos proyectos, perpetuaron esta imagen de industria, específicos por su propia visión de los ambientes de control con los cuales tenían experiencia. Solamente cuando nuevos proyectos requirieron funciones y aplicaciones adicionales, hizo que los desarrolladores de sistemas SCADA tuvieran la oportunidad de desarrollar experiencia en otras industrias.

En la actualidad, los proveedores del SCADA están diseñando sistemas que son pensados para resolver las necesidades de muchas industrias con módulos de software industriales disponibles para proporcionar las capacidades requeridas comúnmente. No es inusual encontrar software SCADA comercialmente disponible adaptado para procesamiento de papel y celulosa, industrias de aceite y gas, hidroeléctricas, gerenciamiento y provisión de agua, control de fluidos, etc. Puesto que los proveedores del SCADA aún tienen tendencia en favor de algunas industrias sobre otras, los compradores de estos sistemas a menudo dependen del proveedor para una comprensiva solución a su requisito, y generalmente procurar seleccionar un vendedor que pueda ofrecer una completa solución con un producto estándar que esté apuntado hacia las necesidades específicas del usuario final.

La mayoría de los sistemas SCADA que son instalados en la actualidad, se está convirtiendo en una parte integral de la estructura de gerenciamiento de la información corporativa. Estos sistemas ya no son vistos por la gerencia simplemente como herramientas operacionales, sino como un recurso importante de información. En este papel continúan sirviendo como centro de responsabilidad operacional, pero también proporcionan datos a los sistemas y usuarios fuera del ambiente del centro de control que dependen de la información oportuna en la cual basan sus decisiones económicas cotidianas. La mayoría de los vendedores principales de SCADA han reconocido esta tendencia, y están desarrollando rápidamente métodos eficientes para hacer disponibles los datos, mientras protegen la seguridad y funcionamiento del



sistema SCADA. La arquitectura de los sistemas de hoy integra a menudo muchos ambientes de control diferentes, tales como tuberías de gas y aceite, en un solo centro de control.

Para alcanzar un nivel aceptable de tolerancia de fallas con estos sistemas, es común tener ordenadores SCADA redundantes operando en paralelo en el centro primario del control, y un sistema de reserva del mismo situado en un área geográficamente distante. Esta arquitectura proporciona la transferencia automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador que pueda llegar a ser inaccesible por cualquier razón, a una computadora de reserva en línea, sin interrupción significativa de las operaciones.

2.2.2. El control a distancia

A lo explicado anteriormente se le une, de forma inevitable, la forma en la cual las señales se intercambian entre el sistema a controlar y el sistema que controla. Aparece el concepto de telemetría (tele medida o medida a distancia), entendido como la transmisión a distancia de información sobre algún tipo de magnitud. Si además la presentación de los datos se realiza de forma inteligible ya nos proporciona la base para el desarrollo de un sistema de control y monitorización a distancia.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA

Los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos o SCADA son un conjunto de aplicaciones de hardware, controladores, interface hombre – máquina, redes comunicaciones y software que permiten monitorear y controlar desde un centro de gestión los procesos de cualquier tipo de tarea. Para llevar a cabo el monitoreo se necesita inicialmente realizar la adquisición de datos desde los puntos en donde se efectúa el proceso, mediante sensores que capturan los parámetros de operación y los transmiten con unidades remotas o RTU ¹⁶, hacia el centro de control y monitoreo en donde los datos recogidos pueden ser interpretados con la ayuda de una interface hombre – máquina

¹⁶ RTU – Remote Terminal Unit - Toscano Palacios, Marco Antonio – “Automatización de una Subestación Eléctrica utilizando el Protocolo IEC 61850 y el IEC 60870 para el envío de Datos”



(HMI)¹⁷, por un operador o administrador del sistema. El control es realizado mediante actuadores que se encargan de llevar a cargo los procesos mismos de la empresa, estos reciben a manera de comandos de control por los mismos medios de comunicación que se realiza el monitoreo.

En base a estos conceptos se puede decir que los tres componentes principales de un Sistema SCADA son¹⁸:

- Múltiples unidades terminales remotas para los dispositivos de campo, sensores actuadores.
- Una o varias estaciones de control y monitoreo en las que residen los aplicativos HMI.
- La infraestructura de comunicación, que puede ser una red LAN en el caso de que los procesos sean desarrollados en una misma localidad o una WAN para cuando se piensa extender el sistema entre varias localidades.

En la solución SCADA regularmente se tiene como unidades terminales remotas a elementos de control programable o PLC¹⁹, los cuales son capaces de realizar el control y monitoreo de procesos mediante el uso de algoritmos programados inicialmente antes de la puesta en funcionamiento del dispositivo el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, existen muchas otras alternativas de transmisión.

Mediante ellos es posible enviar reportes periódicamente de sus sensores hacia cualquier centro de control o ejecutar comandos sobre los dispositivos que tiene a su mando. Estos elementos de control pueden operar de manera autónoma, entre varias de ellos o mediante la asistencia de un centro de control

¹⁷ HMI – Human Machine Interface – Rosado, Alfredo – “Diseño de Interfaces Hombre – Máquina (HMI)”

¹⁸ Chacón Morales, Ricardo Salvador – “Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica”. – Conceptos Básicos del Sistema SCADA

¹⁹ PLC - Programable Logic Control - Chacón Morales, Ricardo Salvador – “Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica”. – Conceptos Básicos del Sistema SCADA



maestro para facilitar una implementación SCADA. Es posible también que existan varios centros de control distribuidos, cada uno encargado de un subsistema de procesos y comunicados entre sí.

Cuando el sistema SCADA tiene esta última configuración es llamado sistema de control distribuido o DCS²⁰. Y también es posible la combinación de los sistemas, de tal manera que un SCADA puede tener en algún sector un DCS y el resto ser administrado por un solo centro de control, como es el caso de las empresas de generación y distribución eléctrica en las que las distintas subestaciones tienen su control autónomo, de tal manera están configuradas como DCS, pero todas ellas se reportan hacia un solo centro de control ubicado en la planta generadora y que es parte de un sistema SCADA propio de esta planta.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN²¹. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y enviar mandos de control a dichos procesos.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema²²:

- a) Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

²⁰ DCS – Distributed Control System - Chacón Morales, Ricardo Salvador – “Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica”. – Conceptos Básicos del Sistema SCADA

²¹ Redes LAN – Toranzo, Federico Reina y Ruiz Rivas, Juan – “Redes de Área Local”

²² Chacón Morales, Ricardo Salvador – “Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica”. – Conceptos Básicos del Sistema SCADA



- b) Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- c) Ejecución de programas para monitoreo completo incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- d) Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Todo sistema SCADA debe tener una arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta. La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.

Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo con la debida interface, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión). Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

2.3.2. Funciones Principales del Sistema²³

1. Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
2. Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual, a través del controlador correspondiente. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
3. Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada,

²³ Chacón Morales, Ricardo Salvador – “Simulación SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos) de una planta generadora de energía eléctrica a base de energía geotérmica”. – *Funciones Principales del Sistema*

4. Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
5. Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
6. Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
7. Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
8. Programación de eventos: Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

2.3.3. Esquema de un Sistema Típico

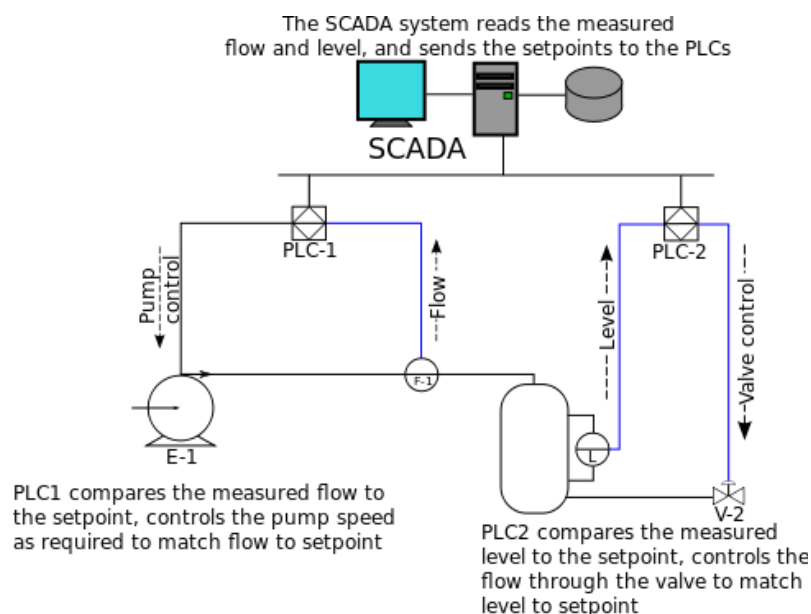


Ilustración 1: Esquema Básico del Sistema SCADA.

Fuente: Wikipedia –SCADA

Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales. Estas áreas pueden ser:

- Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua: Para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción: Facilita la programación de la fabricación.
- Mantenimiento: Proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF²⁴, índices de Fiabilidad, entre otros.
- Control de Calidad: proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción, tolerancias, índice de piezas, etc.
- Administración: actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP²⁵ e integrarse como un módulo más.
- Tratamiento histórico de información: Mediante su incorporación en bases de datos.

2.3.4. Elementos del Sistema

1. **Interfaz Operador - Máquinas:** Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.
2. **Unidad Central (MTU):** Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas.

²⁴ MTBF – Indicador de Confiabilidad - “Definición de MTBF & MTTRt”, La relación de disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad – www.industrialtijuana.com

²⁵ ERP – “Sistemas de Información Integrados” – Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresa (AECA)

La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

3. **Unidad Remota (RTU):** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.
4. **Transductores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.
5. **Sistema de Comunicaciones (Proceso):** Se encarga de la transferencia de información desde el punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

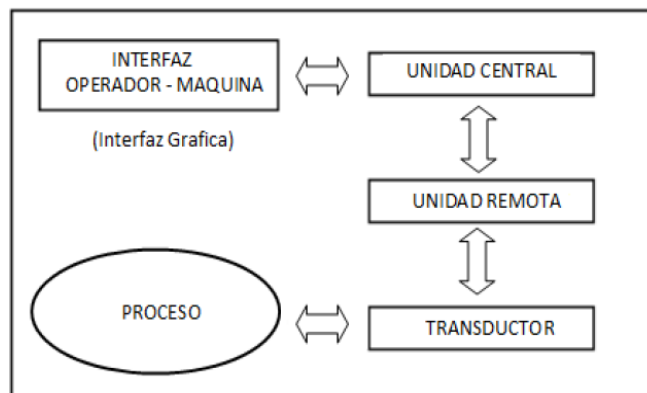


Ilustración 2: Esquema de los elementos de un sistema SCADA.

Fuente: Chacón Morales, Ricardo Salvador

2.3.5. Protocolos SCADA

Existe en la industria una gran variedad de protocolos que permiten comunicar los dispositivos SCADA entre sí y con los centros de control. A continuación se describen cuatro de los más usados actualmente y algunas consideraciones respecto de la seguridad²⁶:

²⁶ LeMay, Michael. SCADA Protocols. Overview of TASE2/ICCP



2.3.5.1. DNP3 (Distributed Network Protocol)

Es un protocolo diseñado específicamente para su uso en aplicaciones SCADA.

Permite a las Unidades Centrales o MTU (Master Terminal Unit) obtener datos de las RTU (Remote Terminal Unit) a través de comandos de control predefinidos. El protocolo no fue diseñado teniendo en cuenta mecanismos de seguridad, por tanto carece de cualquier forma de autenticación o cifrado. Puede ir encapsulado sobre TCP/IP.

2.3.5.2. IEC 60870-6 – Inter-Control Center Communications Protocol

Este protocolo es uno de los más usados en los sistemas SCADA/DCS de compañías de generación y distribución de energía. Es un protocolo especialmente adaptado a las necesidades de comunicación de las compañías eléctricas. Proporciona conectividad entre subestaciones y centros de control y supervisión. El intercambio de datos consiste típicamente en monitorización en tiempo real, datos de control, valores de medida, programación, contabilidad y mensajes de operador.

2.3.5.3. MODBUS

Protocolo de la capa de aplicación empleado sobre RS-232, RS-422, RS-485 o TCP/IP. La principal ventaja es su simplicidad y es ampliamente usado en procesos de control de sistemas SCADA.

Para el caso de redes Ethernet existen dos especificaciones: MODBUS Plus y MODBUS/TCP. A destacar en el modelo de arquitectura MODBUS/TCP el módulo 'Access Control Module', pensado para restringir el acceso a servidores desde determinados clientes en entornos críticos. Se basa en listas de IP autorizadas.

2.3.5.4. OPC (OLE for Process Control)

Es una interfaz estándar de comunicación usada en la industria de control de procesos. Está pensada para garantizar la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes. Permite la comunicación entre aplicaciones de control y de supervisión con independencia de la



red que haya por medio. Requiere que cada fabricante proporcione un driver genérico OPC. La mayoría de los fabricantes de HMI incluyen soporte para OPC.

Se basa en los estándares de Microsoft OLE, DCOM y RPC. El problema viene porque estos componentes de Microsoft han sido tradicionalmente fuente de agujeros de seguridad. Aunque los actuales esfuerzos de estandarización tienden a protocolos basados en web independientes del Sistema Operativo, la mayor parte de lo ya instalado se basa en el original 'OLE for Process Control' de Microsoft.

2.3.6. Arquitectura general del Sistema SCADA

El software SCADA está dividido entre programas de desarrollo y el programa de ejecución o aplicativo:

- El programa de desarrollo tiene herramienta que le permiten al usuario diseñar sus ventanas de aplicación, con sus respectivas características (textos, dibujos colores, propiedades de los objetos, etc), y que estarán estructuradas en función de los procesos que vaya a controlar el sistema SCADA.
- El programa de ejecución permite correr la aplicación diseñada con el programa de desarrollo y es el elemento de software que va a estar gestionando todo el sistema SCADA mientras se encuentre en uso.

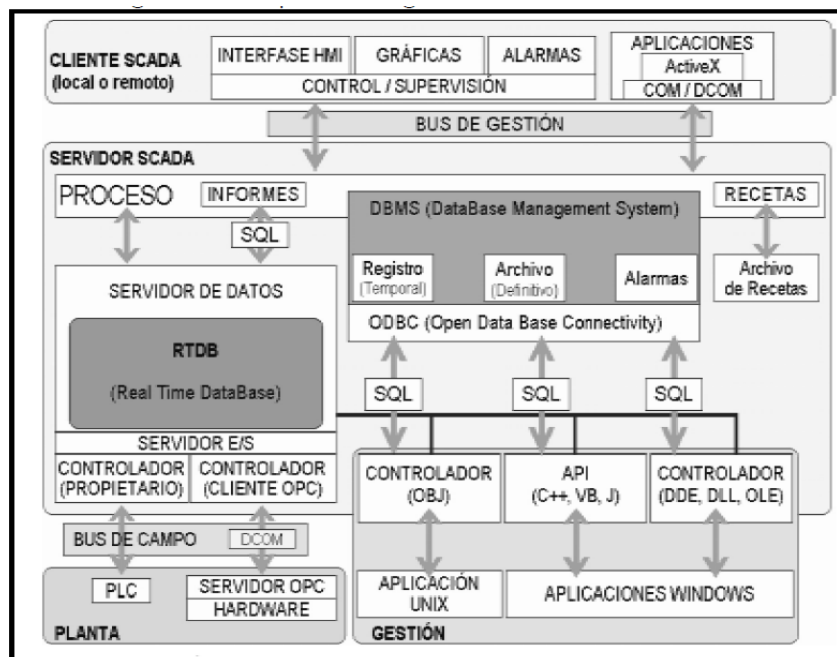


Ilustración 3: Arquitectura del software SCADA.

Fuente: Sistemas de visualicen industrial – Universidad Cataluña.

2.3.7. Arquitectura de un sistema de Red SCADA

Un sistema SCADA está compuesto por dos tipos de redes básicas: la red corporativa y la red de control. En la red corporativa, las operaciones están más relacionadas con la supervisión general del sistema y cuyos empleados requieren de procedimientos de autenticación fuerte para interactuar con las bases de datos (históricos, alarmas, etc.) y servidores críticos del sistema.

En cambio, en la red de control se proceden a realizar todas aquellas tareas relacionadas con la supervisión, como por ejemplo, abrir/cerrar bomba o solicitar la lectura de un dato. Tales tareas son gestionadas por un HMI (Interfaz Humano Máquina) localizado en el centro principal de control SCADA o subestaciones, y transmitidas a un dispositivo de campo localizado físicamente en la propia planta industrial o en alguna subestación remota. Estos dispositivos, como por ejemplo la RTU (Remote Terminal Unit), se caracteriza por sus capacidades limitadas, su autonomía e independencia para procesar datos e identificar de entre un conjunto de sensores o actuadores cuál es el responsable de la ejecución de la orden. Además, son capaces de establecer comunicaciones con otras subestaciones, con otras RTUs y con otros

dispositivos de campo, como por ejemplo una PLC (Programmable Logic Controller).

Pueden soportar múltiples sesiones con TCP/IP, y por lo tanto, podrían simultáneamente procesar y responder a varios mensajes provenientes de múltiples fuentes, e igualmente, una misma fuente podría entablar conexión con varias RTUs. Para el control remoto, son capaces de interpretar protocolos específicos, como pueden ser Modbus/TCP²⁷ o DNP3.0²⁸, y algunas RTUs manejan Linux/Unix o Microsoft Windows para dar soporte a aplicaciones Web, y así proveer mediante interfaces gráficas informes a los operarios.

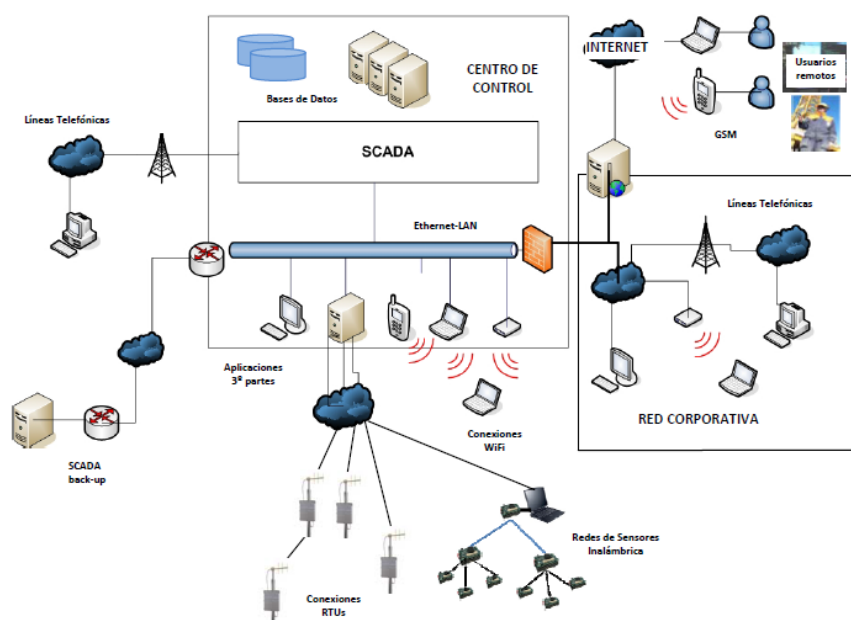


Ilustración 4: Arquitectura de un sistema de red SCADA.

Fuente: Alcaraz Cristina, Fernández Gerardo, Román Rodrigo, Balastegui Ángel, López Javier

2.3.8. Ejemplos de Procesos SCADA

A continuación se muestran unos ejemplos de sistemas SCADA, los cuales se han implementado en los procesos industriales a los que hace referencia el título de los mismos

²⁷ Modbus-IDA the architecture for distributed automation, <http://www.modbus.org/>, 2005.

²⁸ IEC 60870-6, International Electrotechnical Commission,

2.3.8.1. Ejemplo SCADA ensacadora

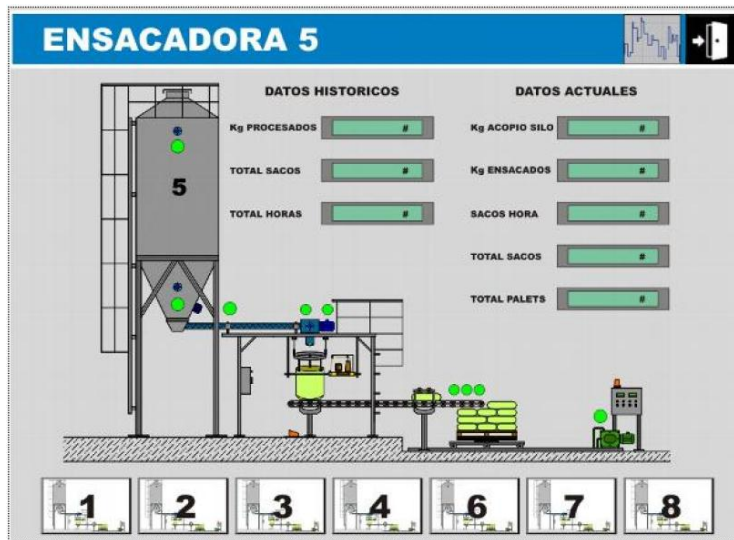


Ilustración 5: Interfaz HMI de Planta empacadora de producto.

. Fuente: EPRO - SCADA planta de ensacadora

En la Ilustración 5 se puede ver una de las 8 pantallas de una planta ensacadora, la diferencia entre cada una de las 8 radica en el tipo de producto a empacar en cada saco, en la imagen, se tienen los datos a adquirir, monitorear y controlar, son los mismos para todos los casos (peso procesado, total de sacos, total de horas, peso procesado, etc).

2.3.8.2. Ejemplo SCADA planta paletizadora

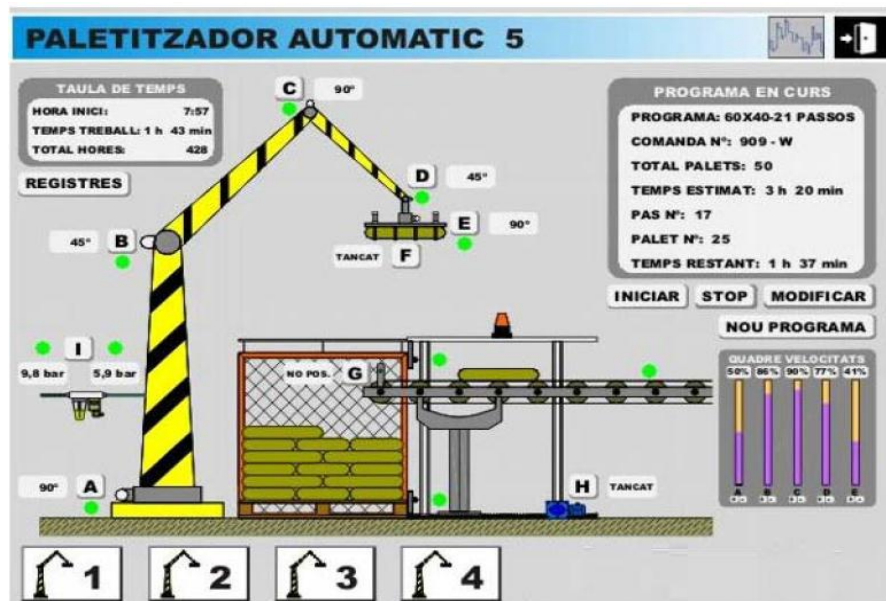


Ilustración 6: Interfaz HMI de paletizadora.

Fuente: EPRO - SCADA planta paletizadora

En la Ilustración 6 se muestra la imagen de la pantalla #5 o paletizador # 5, con la cual el operador interactúa, de la SCADA de una planta paletizadora, la cual está compuesta de 5 paletizadores, en los cuales se realizan las mismas operaciones de supervisión, control y adquisición de datos del proceso productivo.

2.3.8.3. Ejemplo SCADA de planta de bombeo

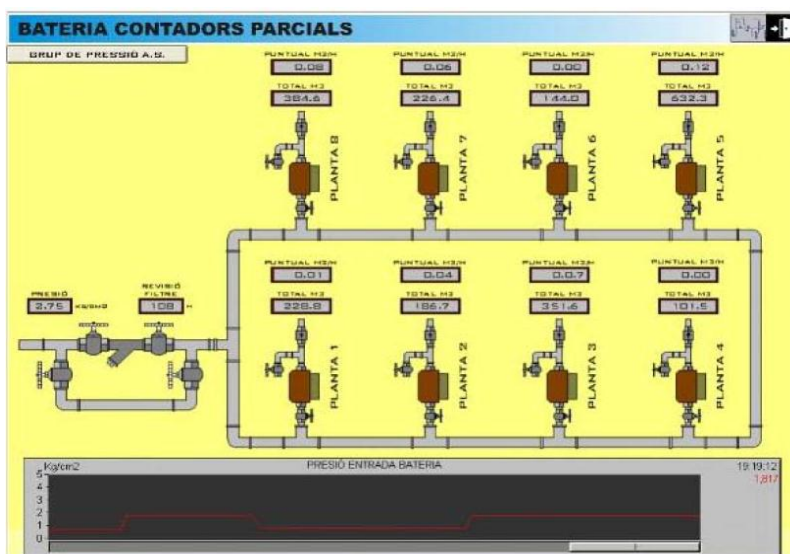


Ilustración 7: Interfaz HMI de planta de bombeo.

Fuente: EPRO - SCADA planta de bombeo

En la Ilustración 7, se tienen 8 bombas las cuales sirven para enviar agua al sistema de distribución de agua potable de una ciudad, los datos a supervisar, controlar, y adquirir del proceso son, presión, caudal de cada una de las bombas y del total entregado a la tubería de distribución, además de apertura y cierre de válvulas, encendido y apagado de cada una de las válvulas de las plantas potabilizadoras, en el grafico se muestra un histórico de la presión total entregada al sistemas de distribución.

2.3.8.4. Ejemplo SCADA de Generación Eléctrica

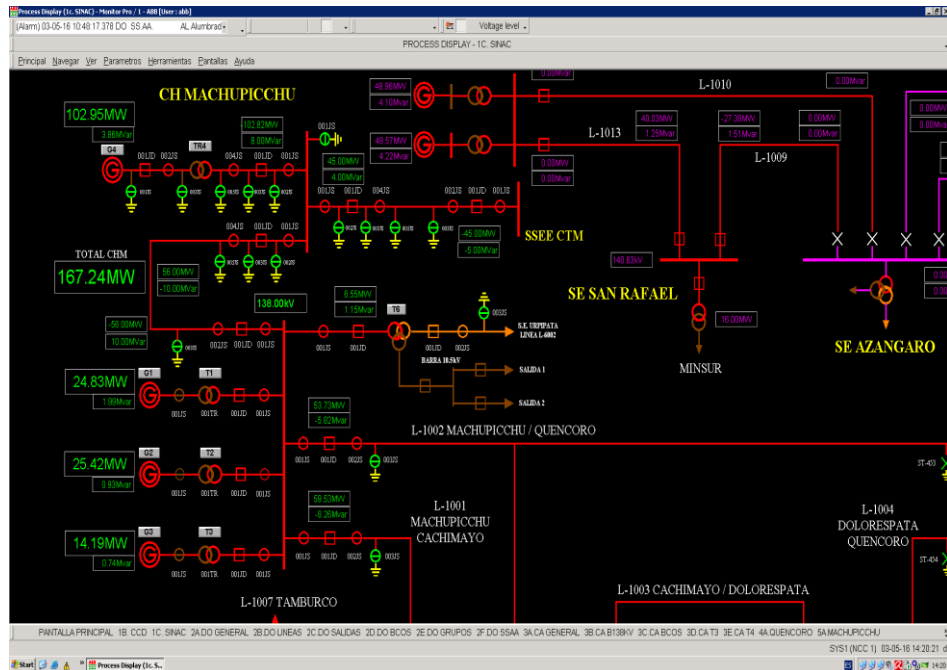


Ilustración 8: Interfaz HMI de generación eléctrica EGEMSA.

Fuente: Propia

En la Ilustración 8, se tienen 4 grupos de generación eléctrica las cuales sirven para enviar señales de los cuales 3 son grupos Pelton y 1 es un grupo Francis, este sistema sirve para visualizar, supervisar, controlar, manipular y observar el total entregado de los grupos de generación eléctrica, así mismo también se hace el proceso de encendido y apagado de cada uno de los grupos de generación. Este sistema se encuentra en el Centro de Control en cada uno de sus sedes.

2.4. Arquitectura del Sistema Web

2.4.1. Arquitectura 3 capas

La especialización de la arquitectura cliente-servidor donde la carga se divide en tres partes(o capas) con un reparto claro de funciones: una capa para la presentación (interfaz de usuario), otra capa de negocio (donde se encuentre modelado el negocio) y otra para la capa de datos (servidor de base de datos).

1. Capa de presentación:

Cliente

2. Capa de negocio:

Servidor web

3. Capa de datos:

Servidor Base de Datos

2.4.2. Ventajas

- Los componentes de la aplicación pueden ser desarrollados en cualquier lenguaje general lo que posibilita que el grupo de desarrolladores no se centre en el uso de un solo lenguaje.
- Los componentes están centralizados lo que posibilita su fácil desarrollo, mantenimiento y uso.
- Los componentes de la aplicación pueden estar esparcidos en múltiples servidores permitiendo una mayor escalabilidad.

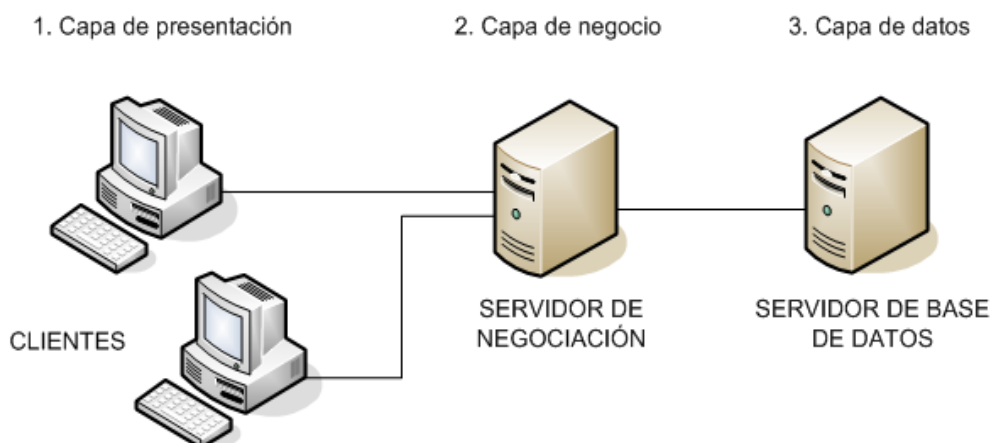


Ilustración 9: Arquitectura de tres capas.

Fuente: Wikipedia – Programación por capas

2.4.3. Arquitectura del Sistema Web SCADA

Se realizó según el modelo de la arquitectura de tres capas, realizando una migración de datos atravesando por un túnel en tiempo real utilizando el servidor Ole Process Control (OPC), por el Software CogentDataHub, que permite configurar rápidamente conexiones seguras y robustas, protegiendo los datos adquiridos, y así con estos datos adquiridos llevarlos a un WebServices utilizando el Internet Information Server (IIS) que es un servicio de Windows que generara un XML y ser reutilizados por un servidor local en Windows y

programados para un cliente en PHP ya que cuenta con librerías para la adquisición de datos en tiempo real.

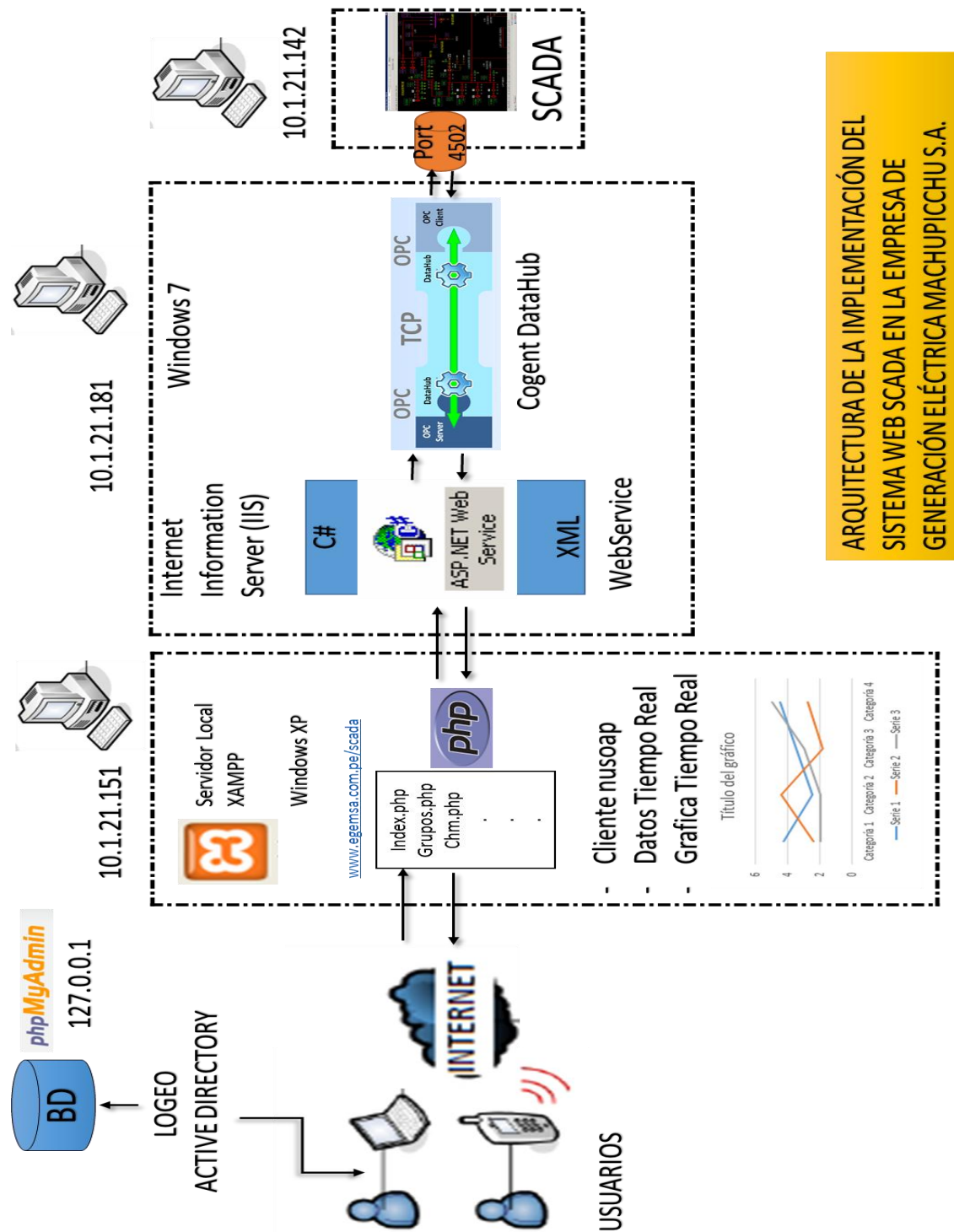


Ilustración 10: Arquitectura Sistema Web SCADA

Fuente: Propia



2.5. OPC (OLE Process Control)

OPC es un mecanismo estándar de comunicación. Interconecta en forma libre numerosas fuentes de datos, donde se incluyen dispositivos de planta en la fábrica (PLC's, Variadores de Frecuencia, etc.), o un banco de datos en un cuarto de control (Dispositivos entrada/Salida (I/O)). La arquitectura de información para el Proceso Industrial se muestra en la siguiente figura e involucra los siguientes niveles:

- a) **Dirección Campo:** Con el advenimiento de dispositivos de campo inteligentes, del tipo SMART (Válvulas, servomecanismo, Presostatos, etc., basados en microprocesadores.), se puede integrar una gran cantidad de información, que no estaban previamente disponibles. Esta información proporciona datos del estado del dispositivo, sus parámetros de configuración, materiales de construcción, etc. Toda esta información puede ser presentada al usuario, y a cualquier aplicación que lo utilice, de una forma consistente.
- b) **Dirección de Procesos:** La instalación de Sistemas de Control Distribuidos (DCS) y de Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (SCADA), permiten monitorear, y controlar los procesos industriales, mediante datos electrónicamente disponibles, lo que antes se realizaba en forma manual.
- c) **Dirección de Comercio:** Los beneficios pueden ser obtenidos instalando los sistemas de control apropiados. Esto se cumple integrando la información recolectada desde el proceso, hacia los sistemas comerciales que manejen los aspectos financieros del proceso industrial mediante Software especializados. De esta forma se proporciona información de una manera consistente a las aplicaciones del cliente, donde se minimizará el esfuerzo requerido para proporcionar esta integración.

2.5.1. Propósitos

- Establece un estándar de comunicación
- Disminuye en inversión de drivers
- Integración entre distintos fabricantes
- Menor dependencia del Hardware

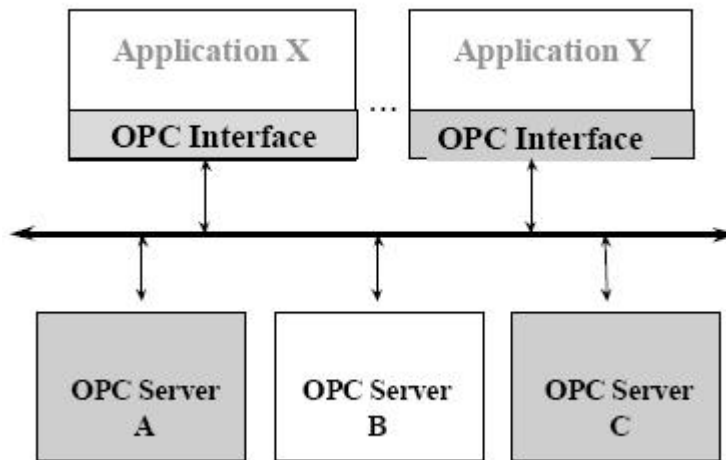


Ilustración 11: Propósito OPC

Fuente: diit.unict.it

2.5.2. Problema y solución OPC

En la Ilustración 12, se puede observar que se tienen varios componentes de software y de hardware, así como de varias tipos de marcas como por ejemplo ABB, Scheinder-Electric, Siemens, Honewell, etc, lo que ocurre es que existe el problema de comunicación entre ellos, problemas de compatibilidad, duplicación de esfuerzo, inconsistencias entre fabricantes y conflictos de acceso, por ello OPC establece un estándar de comunicación entre varios componentes para tal comunicación como se observa en la Ilustración 13.

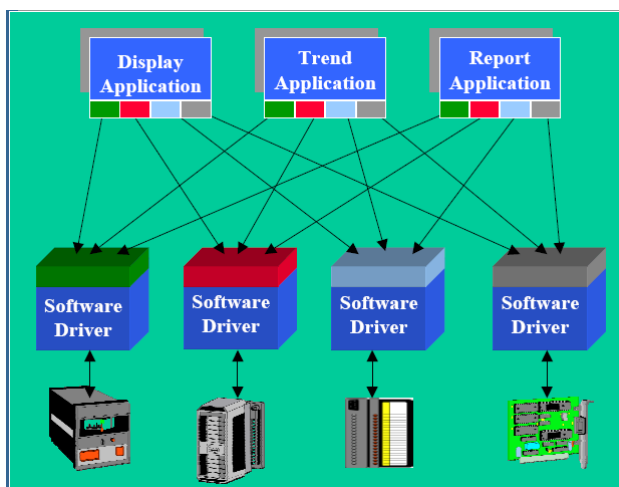


Ilustración 12: Problema de Comunicación entre componentes eléctricos

Fuente: OPC Foundation

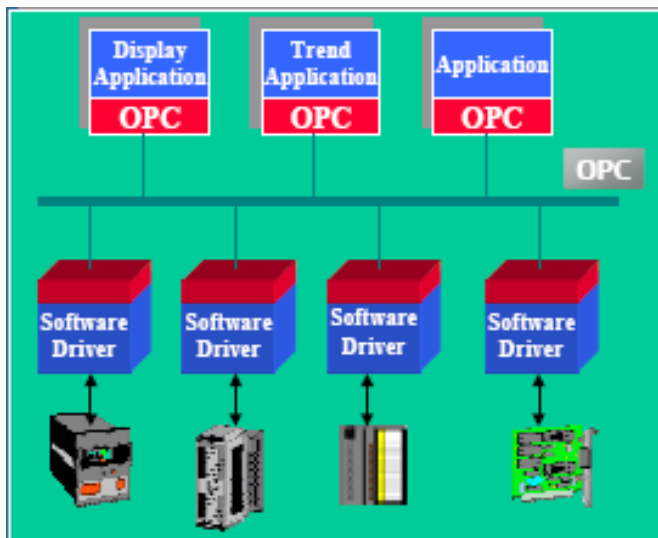


Ilustración 13: Comunicación entre componentes eléctricos con OPC

Fuente: OPC Foundation

2.5.3. Arquitectura OPC cliente/Servidor

En la arquitectura Cliente/ Servidor, el servidor es un objeto COM, para hacer la comunicación entre procesos. La interfaz de acceso de datos ofrece una ventana de datos existentes.

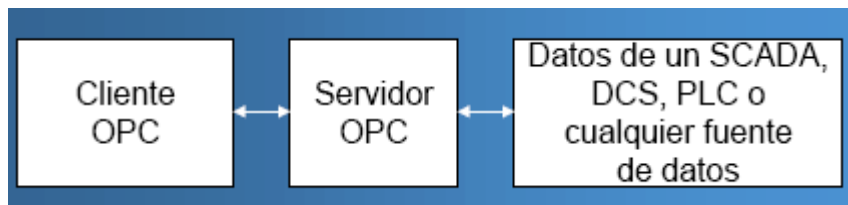


Ilustración 14: Arquitectura Cliente/ Servidor OPC

Fuente: Introducción OPC

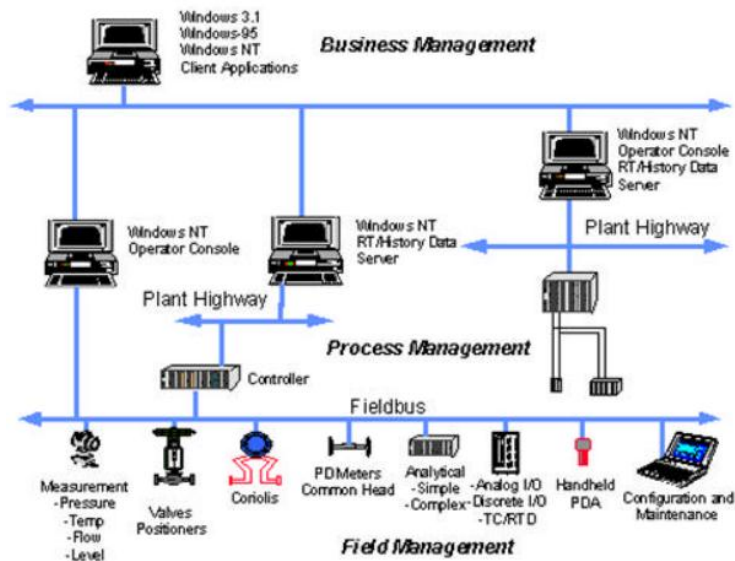


Ilustración 15: OPC – OLE PROCESS CONTROL.

Fuente: Etitudela – Arquitectura OPC

2.6. Servidor OPC

Un Cliente OPC puede conectarse, por medio de una red a Servidores OPC proporcionados por uno o más fabricantes. De esta forma no existe restricción por cuanto a tener un Software Cliente para un Software Servidor

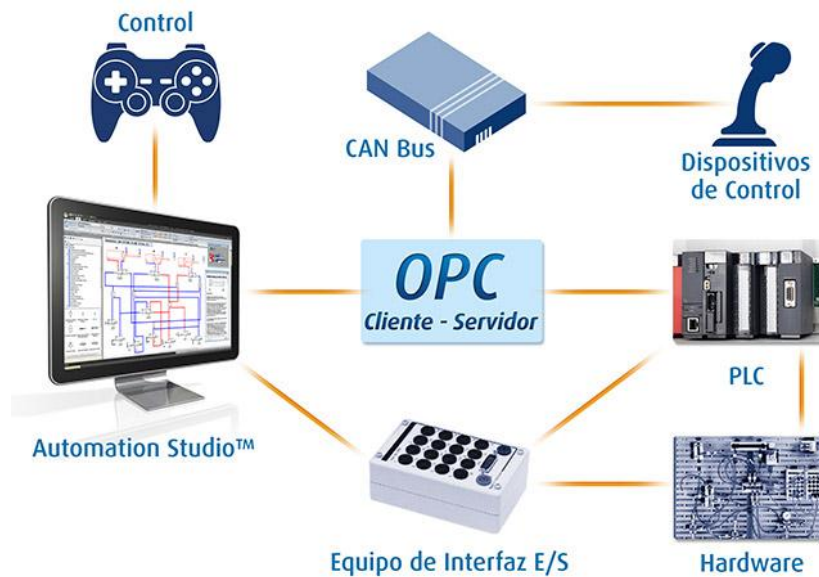


Ilustración 16: Servicios de un Servidor OPC.

Fuente: Famictch - Servidor OPC

2.7. Cogent Data Hub OPC Tunneller

DataHub OPC Tunneller permite configurar rápidamente conexiones seguras y robustas a través de OPC, sin los problemas que suele generar DCOM (tiempos de espera y creación de redes poco fiables).

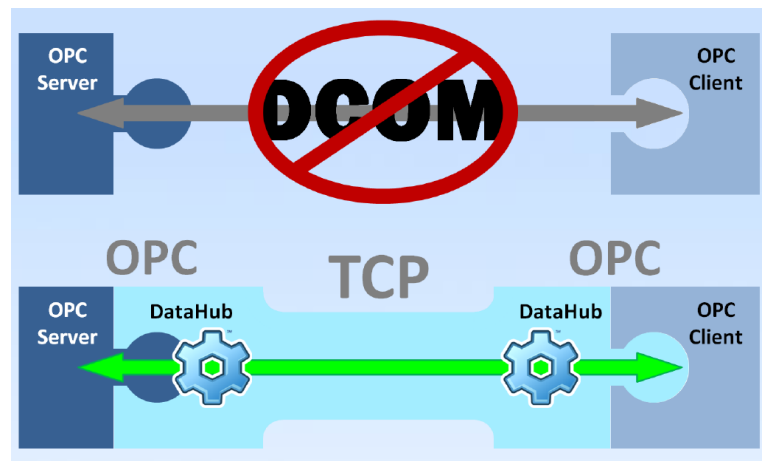


Ilustración 17: DataHub® OPC Tunneller.

Fuente: Cogent Real-Time Systems

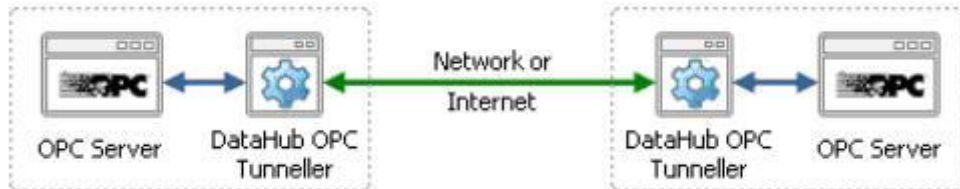


Ilustración 18: DataHub OPC Tunneller.

Fuente: Block - Herramienta OPC para configurar un túnel

Permite proteger los sistemas a través de contraseñas, encriptación y limitando las conexiones a un simple puerto.

La herramienta tunneller detecta pérdidas de conexión en milisegundos y cuando se reestablece la conexión, lo hace sin cortar la conexión con el cliente OPC.

Se trata de una herramienta ideal porque permite reducir el ancho de banda. Además permite ahorrar en costes por licencias gracias a que con una única licencia se pueden conectar varios clientes y servidores OPC.

Este túnel o tunneling consiste en encapsular un protocolo de red sobre otro (protocolo de red encapsulador) creando un túnel de información dentro de una red de computadoras.

El uso de esta técnica persigue diferentes objetivos, dependiendo del problema que se esté tratando, como por ejemplo la comunicación de islas en escenarios multicast, la



redirección de tráfico, etc. La técnica de tunelizar se suele utilizar para transportar un protocolo determinado a través de una red que, en condiciones normales, no lo aceptaría. Otro uso de la tunelización de protocolos que es la creación de diversos tipos de redes privadas virtuales.

2.7.1. Transmisión de datos en tiempo real

Cogent DataHub permite transmitir datos a través de un túnel en tiempo real. Gracias a su seguridad, con conexiones punto a punto, evitan DCOM y los problemas de seguridad que suele haber en Windows.

2.7.2. Características

- ✓ Es realmente sencillo ponerlo en marcha.
- ✓ SSL proporciona una conexión segura a través de la red, incluyendo la posibilidad de utilizar contraseñas.
- ✓ El túnel funciona dentro de los límites que marca el firewall.
- ✓ Cogent DataHub proporciona una respuesta inmediata y un restablecimiento automático de conexión ante rupturas de red. Los timeouts pueden llegar a ser de 50 milisegundos.
- ✓ La concesión de licencias es rápida y fácil utilizando claves por software. No son necesarios mochilas ni otros dispositivos hardware.
- ✓ Cogent DataHub se puede conectar con Windows 7, 2000, 2008 Server, XP, 2003 y Vista.
- ✓ Cogent DataHub tiene la capacidad de crear túneles entre programas en sistemas operativos Windows, Linux y QNX.
- ✓ El potente lenguaje scripting incorporado permite personalizar tus aplicaciones OPC adjuntando tu propio código que procesa eventos y cambios de valores
- ✓ El toolkit embebido ayuda a construir conexiones túnel personalizadas con cualquier sistema operativo que no sea Windows que soporte TCP, como Linux, QNX, Itron, VxWorks, etc
- ✓ Se puede leer y escribir datos en Excel para realizar análisis de tus procesos en tiempo real.
- ✓ Agrega datos de múltiples fuentes y presentarlos en el programa del cliente como una colección de datos unificada.



- ✓ Es compatible con bases de datos ODBC.²⁹

2.8. Servidor Local XAMPP

XAMPP es una distribución de Apache completamente gratuita y fácil de instalar que contiene MariaDB, PHP y Perl.

El paquete de instalación de XAMPP ha sido diseñado para ser increíblemente fácil de instalar y usar.³⁰

2.8.1. Servicio APACHE TOMCAT

El Apache Tomcat software es una implementación de código abierto de Java Servlets, Java Server Pages, tecnologías Java WebSocket del lenguaje Java y Expresión. El servlet de Java, Java Server Pages, Java y expresión del lenguaje Java WebSocket especificaciones se desarrollan bajo la Java Community Process.

El software de Apache Tomcat se desarrolla en un entorno abierto y participativo y liberado bajo la licencia Apache versión 2. El proyecto Apache Tomcat se pretende que sea una colaboración de los desarrolladores mejor de su clase en todo el mundo. Tomcat es un contenedor de servlets

- Puede utilizarse como un servidor de aplicaciones Web con HTML, servlets y JSPs
- Complemento al servidor Apache
- Bien integrado en eclipse

²⁹ Cogent Real – Time Systems - DataHub® OPC Tunneller Network OPC servers and clients without the hassles of DCOM.

³⁰ XAMPP – www.apachefriends.org/xampp-files

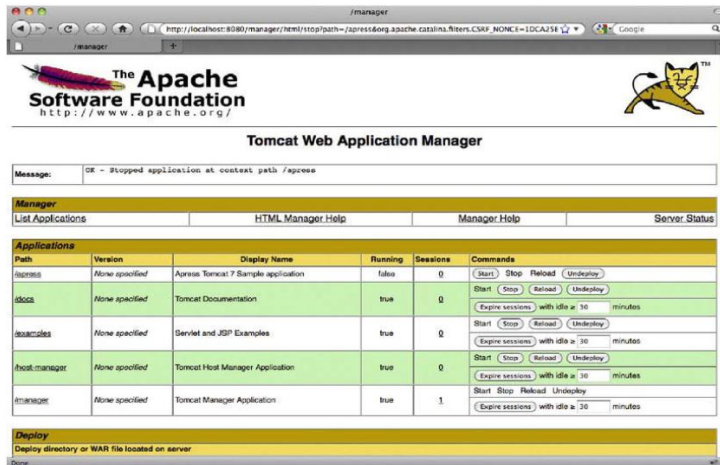


Ilustración 19: Apache Tomcat Software Foundation.
Fuente: Vukotic, Aleksa y Goodwill, James – Tomcat 7

2.8.1.1. Arquitectura de Apache Tomcat

- Servidor HTTP.
- Contenedor de servlets.
- Ejecuta servlets.
- Convierte páginas JSP y JSF en servlets.
- Arquitectura jerárquica y modular.

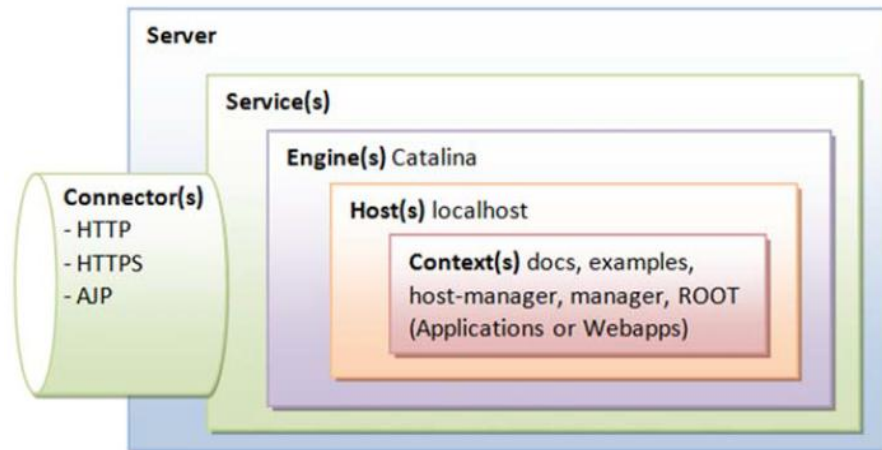


Ilustración 20: Arquitectura Apache Tomcat.
Fuente: NTU – Arquitectura Apache Tomcat

2.9. Web Services

Un servicio web (en inglés, Web Service o Web services) es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre



aplicaciones. Distintas aplicaciones de software desarrolladas en lenguajes de programación diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los servicios web para intercambiar datos en redes de ordenadores como Internet. La interoperabilidad se consigue mediante la adopción de estándares abiertos. Las organizaciones OASIS y W3C son los comités responsables de la arquitectura y reglamentación de los servicios Web.³¹

Para mejorar la interoperabilidad entre distintas implementaciones de servicios Web se ha creado el organismo WS-I, encargado de desarrollar diversos perfiles para definir de manera más exhaustiva estos estándares. Es una máquina que atiende las peticiones de los clientes web y les envía los recursos solicitados.

2.9.1. Componentes

En los últimos años, tres tecnologías primarias han surgido como estándares mundiales que conforman el núcleo de la tecnología de servicios web de hoy en día. Estas tecnologías se discuten a continuación.

2.9.1.1. XML – RPC

Este es el protocolo basado en XML más simple para intercambiar información entre computadoras.

- XML-RPC es un protocolo simple que utiliza mensajes XML para realizar RPCs.
- Las solicitudes se codifican en XML y se envían a través de HTTP POST.
- Las respuestas XML están incrustadas en el cuerpo de la respuesta HTTP.
- XML-RPC es independiente de la plataforma.
- XML-RPC permite que diversas aplicaciones se comuniquen.
- Un cliente Java puede hablar XML-RPC a un servidor Perl.
- XML-RPC es la forma más fácil de empezar con los servicios web.

³¹ *Web Services – web application components – tutorialspoint simply easy learning – What are Web Services?*



2.9.1.2. SOAP

SOAP es un protocolo basado en XML para intercambiar información entre computadoras.

- SOAP es un protocolo de comunicación.
- SOAP es para la comunicación entre aplicaciones.
- SOAP es un formato para enviar mensajes.
- SOAP está diseñado para comunicarse a través de Internet.
- SOAP es independiente de la plataforma.
- SOAP es independiente del lenguaje.
- SOAP es simple y extensible.
- SOAP le permite moverse por los firewalls.
- SOAP se desarrollará como un estándar W3C.³²

2.9.1.3. WSDL

WSDL es un lenguaje basado en XML para describir servicios web y cómo acceder a ellos.

- WSDL significa Web Services Description Language.
- WSDL fue desarrollado conjuntamente por Microsoft e IBM.
- WSDL es un protocolo basado en XML para el intercambio de información en entornos descentralizados y distribuidos.
- WSDL es el formato estándar para describir un servicio web.
- La definición de WSDL describe cómo acceder a un servicio web y las operaciones que realizará.
- WSDL es un lenguaje para describir cómo interactuar con servicios basados en XML.
- WSDL es una parte integral de UDDI, un registro de negocios mundial basado en XML.
- WSDL es el lenguaje que usa UDDI.

2.9.1.4. UDDI

UDDI es un estándar basado en XML para describir, publicar y encontrar servicios web.

³² W3C – Fernández Acebal, Cesar – “Creación de sitios Web mediante estándares” – Word Wide Web



- UDDI significa Descripción, Descubrimiento e Integración Universal.
- UDDI es una especificación para un registro distribuido de servicios web.
- UDDI es plataforma independiente, marco abierto.
- UDDI puede comunicarse a través de SOAP, CORBA y Java RMI Protocol.
- UDDI utiliza WSDL para describir interfaces a servicios web.
- UDDI se ve con SOAP y WSDL como uno de los tres estándares fundamentales de los servicios web.
- UDDI es una iniciativa de la industria abierta que permite a las empresas a descubrirse y definir cómo interactúan a través de Internet³³.

2.9.2. Arquitectura de un Web Services

La arquitectura de un web services típica se encuentra organizada en varios niveles:

Nivel de Presentación: Es el único punto de acceso para el usuario y recoge todo lo que puede utilizar.

Nivel de Procesos: Compuesto por la definición, gestión y ejecución de los procesos de negocio.

Nivel de Servicios: Es la capa dónde reside la lógica de las aplicaciones y de los servicios que éstas ofrecen.

Nivel de integración: Utilizado para las comunicaciones entre los servicios y las demás aplicaciones.

Nivel de Seguridad: Capa transversal dónde se define un esquema de autorización de ejecución para cada servicio, así como el acceso a la información.

Nivel de Gobernabilidad: Para controlar el uso de las infraestructuras, servicios y estado de disponibilidad

³³ *Web Services – web application components – tutorialspoint simply easy learning - Components*

Los estándares definidos en una arquitectura son XML, WSDL, UDDI y SOAP, en las cuales interactúan para tal comunicación.

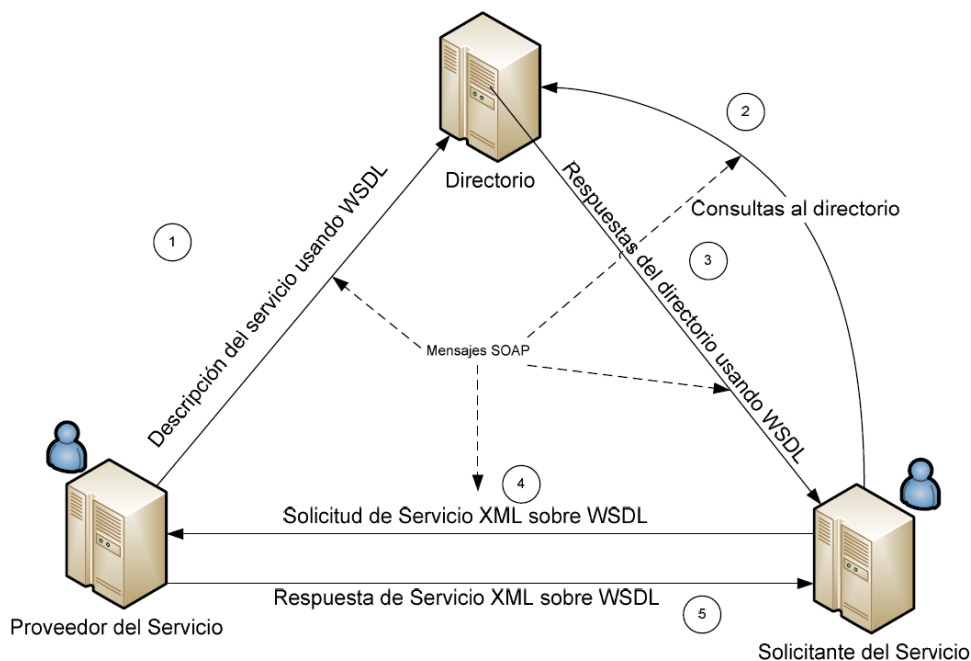


Ilustración 21: Arquitectura de un Web Services

Fuente: mad.es

2.10. Internet Information Server (IIS)

Internet Information Server (IIS) es un servidor Web que permite publicar información en una intranet o en Internet. Este servidor Web se apoya sobre el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), para transmitir la información y comunicarse con los clientes.

Las páginas ASP tienen la extensión .asp y son procesadas por la DLL ASP.DLL, mientras que las páginas ASP.NET poseen la extensión .aspx y son procesadas con el entorno de ejecución .NET Framework.³⁴

El servidor Web atiende las peticiones de páginas de los clientes, identifica de qué tipo de páginas se trata, las procesa y les envía el resultado a los navegadores.

³⁴ Cintado Mejias, Silvia – “Como configurar Internet Information Server” - IIS



Internet Information Server 5.0 es un servidor Web para plataformas Windows 2000 está totalmente integrado con el sistema operativo, forma parte de la instalación de Windows 2000 y permite disponer de un servidor Web tanto en el entorno de una Intranet como en el entorno de Internet).

Podemos acceder a su administración a través del Administrador de servicios de Internet, es un entorno escalable basado en los componentes cliente (servidor que se pueden integrar dentro de las aplicaciones Web).

Podemos saber si tenemos instalado ISS 5.0 en nuestra máquina escribiendo la siguiente URL: `http://localhost` en el navegador Web. También podemos comprobarlo viendo si tenemos el Administrador de Internet dentro del grupo de programas Herramientas administrativas en el menú Inicio de Windows.

Por defecto, la ruta del directorio de publicación en Internet es `c:\inetpub\wwwroot`.

Por ejemplo, si la ruta de una aplicación web es la siguiente, para realizar la publicación a través del IIS, este árbol de directorio debe de estar en el directorio `c:\inetpub\wwwroot`.



Ilustración 22: Internet Information Server.

Fuente: Cintado Mejias, Silvia

2.11. PHP

El lenguaje PHP es un lenguaje de programación de estilo clásico, es decir que es un lenguaje de programación con variables, sentencias condicionales, bucles, funciones,

etc. No es un lenguaje de etiquetas como podría ser HTML, XML o WML. Está más cercano a JavaScript o a C.

Pero a diferencia de Java o JavaScript que se ejecutan en el navegador, PHP se ejecuta en el servidor, por eso nos permite acceder a los recursos que tenga el servidor como por ejemplo podría ser una base de datos. El programa PHP es ejecutado en el servidor y el resultado enviado al navegador. El resultado es normalmente una página HTML pero igualmente podría ser una página WML.



Ilustración 23: Arquitectura PHP.

Fuente: Rosselott, Marcelo Maraboli

Al ser PHP un lenguaje que se ejecuta en el servidor no es necesario que su navegador lo soporte, es independiente del navegador, sin embargo para que las páginas PHP funcionen, el servidor donde están alojadas debe soportar PHP.

2.11.1. PHP

Ventajas

- Mejoras de rendimiento.
- Mejor soporte para MySQL con extensión completamente reescrita.
- Mejor soporte a XML (XPath, DOM, etc).
- Soporte nativo para SQLite.
- Soporte integrado para SOAP.
- Iteradores de datos.



- Manejo de excepciones.

2.11.2. PHP frente otros Lenguajes

- **Velocidad:** No solo la velocidad de ejecución, la cual es importante, sino además no crear demoras en la máquina. Por esta razón no debe requerir demasiados recursos de sistema. PHP integra muy bien junto a otro software, especialmente bajo ambientes Unix, configura como módulo de Apache, está listo para ser utilizado.
- **Estabilidad:** La velocidad no sirve de mucho si el sistema cae cada cierta cantidad de ejecuciones. PHP utiliza su propio sistema de administración de recursos y dispone de un sofisticado método de manejo de variables, conformando un sistema robusto y estable.
- **Seguridad:** El sistema debe poseer protecciones contra ataques, PHP provee diferentes niveles de seguridad, estos pueden ser configurados desde el archivo ini.
- **Simplicidad:** Se les debe permitir a los programadores generar código productivamente en el menor tiempo posible. Usuarios con experiencia en C y C++ podrán utilizar PHP rápidamente.

2.11.3. Ventajas de PHP

- ✓ PHP corre en casi cualquier plataforma utilizando el mismo código fuente, pudiendo ser complicado y ejecutado en algo así como 25 plataformas, incluyendo diferentes versiones de Unix, Windows y Mac. Como en todos los sistemas se utiliza el mismo código base, los scripts pueden ser ejecutados de manera independiente al OS.
- ✓ La sintaxis de PHP es similar a la del C, por esto cualquiera con experiencia en lenguajes del estilo C podrá extender rápidamente en PHP
- ✓ PHP es completamente expandible
- ✓ Muchas interfaces distintas para cada tipo de servidor. PHP actualmente se puede ejecutar bajo Apache, Lighttpd, Netscape servers
- ✓ Puede interactuar con muchos motores de base de datos tales como MySQL, MS SQL, Oracle, Informix, PostgreSQL, y otros muchos.



- ✓ Gran variedad de modulos, cuando un programador PHP necesite una interface para una librería en particular, fácilmente podrá crear una API para esta.
- ✓ Rapidez. PHP generalmente es utilizada como modulo Apache, lo que lo hace extremadamente veloz.
- ✓ PHP es Open Source, lo cual significa que el usuario no depende de una compañía específica para arreglar cosas que no funciona, además no estas forzado a pagar actualizaciones anuales para tener una versión que funcione.³⁵

2.11.4. Librería NuSoap

NuSOAP es un kit de herramientas (Toolkit) para desarrollar Web Services bajo el lenguaje PHP. Está compuesto por una serie de clases que nos harán mucho más fácil el desarrollo de Web Services. Provee soporte para el desarrollo de clientes (aquellos que consumen los Web Services) y de servidores (aquellos que los proveen). NuSOAP está basado en SOAP 1.1, WSDL 1.1 y HTTP 1.0/1.1

No es el único soporte para Web Services en PHP, existen otros, pero es uno de los que están en una fase de desarrollo mucho más avanzada. Sin ir más lejos, PHP a partir de su versión 5 comienza a dar soporte para SOAP, pero aún está en fase experimental.³⁶

2.11.5. Librería de Graficas HighChart JS

Highcharts es un producto que fue creado por la empresa con sede en Noruega, Highsoft. Highcharts fue lanzado en 2009, y es una biblioteca de gráficos escrito en puro JavaScript puede ser compatible con PHP.

Highcharts es gratuito para uso no comercial y personal, con las licencias sólo necesitan para aplicaciones comerciales.

³⁵ Vázquez Mariño, Carlos - "Programación en PHP5. Nivel Básico" - Ventajas

³⁶ BeezNetz Open – Source specialists – "Servicios Web utilizando la herramienta NuSoap"

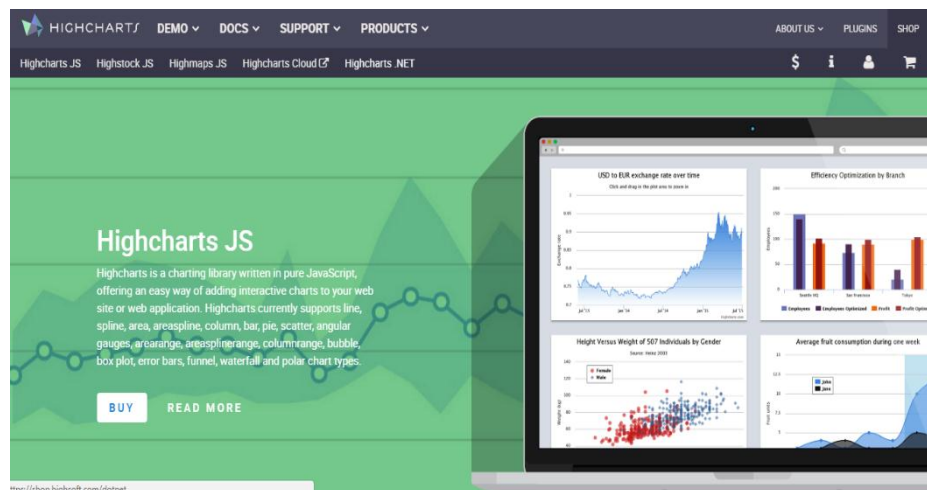


Ilustración 24: Highchart JS.

Fuente: <https://shop.highsoft.com/>

2.12. C#

Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270). C# es uno de los lenguajes de programación diseñados para la infraestructura de lenguaje común.

Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes.

C# es un lenguaje de programación independiente diseñado para generar programas sobre dicha plataforma. Ya existe un compilador implementado que provee el marco Mono - DotGNU, el cual genera programas para distintas plataformas como Windows, Unix, Android, iOS, Windows Phone, Mac OS y GNU/Linux.³⁷

2.13. phpMyAdmin

phpMyAdmin puede administrar un servidor MySQL entero (necesita un superusuario) o una base de datos sencilla.

Para realizar esto último, es necesario tener un usuario MySQL debidamente configurado que pueda leer o escribir solamente en la base de datos deseada. Para ello, Ud. debe buscar en la sección apropiada del manual de MySQL³⁸.

³⁷ C# - Gonzales Seco, Jose Antonio – “El lenguaje de Programacion C#” – Tema 1

³⁸ phpMyAdmin – “phpMyAdmin Documentation” – Introduccion



2.13.1. Características

- La información se guarda para volver a utilizarla
- Mecanismos
- Ficheros
- Almacenamiento básico
- Acceso secuencial o aleatorio
- Bases de datos
- Información estructurada
- Relaciones
- Búsquedas
- Acceso concurrente
- Control de acceso a la información
- Integridad

2.13.2. MySQL

Sistema de Gestión de Base de Datos Relacional

La información se guarda en tablas

- Una tabla es una colección de datos relacionados
- Una tabla consta de columnas (campos) y filas (registros)
- Las tablas se enlazan por relaciones entre columnas

Implementa casi todo el estándar SQL (Structured Query Language)

- Código abierto
- Actualmente de Oracle, que adquirió Sun, que tenía MySQL AB
- Escalable
- Aplicaciones pequeñas y grandes (millones de registros)
- Transacciones, Multiusuario
- Eficiente: Multihilo, varias técnicas de hash, b-tree, etc.
- Conexión al servidor MySQL con sockets TCP/IP
- Esto permite conectarla con casi cualquier plataforma³⁹

³⁹ MySQL - Pavon Mestras, Juan – “PHP y MySQL” – Aplicaciones Web/Sistemas Web



2.14. Plataforma Web

Una plataforma Web incluye elementos adicionales a la página web tales como aplicaciones, carritos de compras, formularios, convertidores, instancias de aprobación y alguna otra solución específica para la necesidad del cliente y el mercado. Estos elementos pueden ser públicos o privados, tales como sistemas de comunicación interna o inventarios, se utilizan diferentes tecnologías como ASP.net, HTML, HTML5, Joomla, WordPress, Drupal, Zencart, Magento, etc.

2.14.1. HTML

HTML, siglas de HyperText Markup Language (lenguaje de marcas de hipertexto), hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar que sirve de referencia para la elaboración de páginas web en sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para la definición de contenido de una página web, como texto, imágenes, entre otros. Es un estándar a cargo de la W3C, organización dedicada a la estandarización de casi todas las tecnologías ligadas a la web, sobre todo en lo referente a su escritura e interpretación.

2.15. Hipótesis

2.15.1. Hipótesis General

El Sistema Web SCADA, permitirá visualizar los datos de generación de energía eléctrica y tiempo real generados por EGEMSA, de esta forma ayudará a los colaboradores de dicha entidad a poder obtener los datos estadísticos desde el lugar en que se encuentren y en el momento que lo necesiten.

Este sistema también podrá contar con un aplicativo móvil que facilitará la visualización de la información en tiempo real.

2.15.2. Hipótesis Específicas

Determinar cuáles son los parámetros para la implementación del Sistema Web SCADA, se realizará la migración de datos del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos por un túnel con el software Cogent DataHub, para determinar que variables estarán en el Sistema Web SCADA

Para la implementación del Sistema Web SCADA, se determinará que este sistema será de gran utilidad y una herramienta fundamental para la



visualización de los datos de generación eléctrica, se determinará que para tal implementación se tendrá que obtener una compra de un software para la migración de datos.

Para la implementación del Sistema Web SCADA, se lanzará esta herramienta como una pestaña en la misma página web de la empresa, y tendrá la facilidad para distintos usuarios externos.

Determinar una arquitectura de red para la implementación del Sistema Web SCADA, se realizará y se llevará a cabo todos los pasos a seguir para la migración de datos desde el sistema SCADA hasta el cliente, documentándolo y dejando en evidencia tal arquitectura.



CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Viabilidad

3.1.1. Viabilidad Operativa Técnica

Desde el punto de vista operativo, el impacto de implementar el Sistema Web SCADA en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., será positivo y sin grandes trabas debido a los siguientes ítems.

1. La idea surge de una necesidad detectada por los colaboradores de la empresa EGEMSA debido a una falta de conocimiento de la cantidad total (MW)⁴⁰ y detallada de los grupos de generación eléctrica. Por lo cual, éste sistema se enfocará a resolver un problema concreto y que fija un punto de partida en la resolución de los problemas anteriormente planteados.
2. Se genera la problemática de visualización de dicha información para los diferentes usuarios fuera del ámbito geográfico de la empresa.
3. El Sistema Web SCADA contará con la información en tiempo real desde una aplicación móvil.

A continuación se mostrará los requerimientos que el sistema necesitará.

Tabla 01: *Requerimientos para la implementación del Sistema*

Elaboración: Propia

Equipo o Producto	Cantidad	Especificación
Página web Informativa	1	Plantilla informativa en la nube, con contenido multimedia.
Servicio de dominio	1	Nombre, especificación y posicionamiento en la nube.
Servicio de hosting	1	Servidor que alojará los archivos referentes a la web
Aplicativo móvil	1	Aplicativo que permitirá la visualización del Sistema
Máquinas Virtuales	3	Trabajarán para la recopilación de información del Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos - SCADA

⁴⁰ MW – MegaVatio – Glosario de términos de Electricidad - sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf



Computadoras	2	Permitan la programación del Cliente y del Servidor
Software	4	Manejo de distintas herramientas
Personal de Trabajo		
Programador	1	Especialista en desarrollo de páginas web y tecnologías multimedia para servicios web.
Diseñador	1	Especialista en diseño informático.
Analista	1	Adapta y diseña sistemas de información para ayudar a las empresas trabajar de forma más rápida y eficiente.

Haciendo una evaluación acerca de los requerimientos necesarios se concluyó que es viable operativamente para la implementación del Sistema Web SCADA, puesto que se cuenta con las herramientas en la empresa y para cualquier usuario.

3.1.2. Viabilidad Legal

La base legal que respalda la ejecución del proyecto:

Con respecto a la Implementación de Seguridad de Información

ISO/IEC 27001 - Estándar para la seguridad de la información (Information technology - Security techniques - Information security management systems - Requirements) aprobado y publicado como estándar internacional en octubre de 2005 por International Organization for Standardization y por la comisión International Electrotechnical Commission.

Especifica los requisitos necesarios para establecer, implantar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la seguridad de la información (SGSI), conocido como “Ciclo de Deming”: PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

Con este estándar para la seguridad de la información es viable legalmente cumpliendo con estos estándares internacionales.

3.1.3. Viabilidad Económico – Financiera

Antes de embarcarse en la puesta en marcha de este proyecto y asumir el riesgo inherente a su desarrollo, es imprescindible realizar un análisis para comprobar su viabilidad económico-financiera, de tal forma que los resultados obtenidos permitirá concluir si es conveniente llevar a cabo dicho proyecto, si hay que realizar alguna modificación o conviene abandonar la idea.



En este punto se comentará el resultado del análisis de viabilidad económico-financiera que se desarrolló de la siguiente manera:

Puesto o Cargo	Nro Trabajadores	Sueldo liquido Mensual (S/.)
Diseñador	1	950,00
Programador	1	950,00
Analista	1	950,00
TOTALES MENSUALES		2850,00

Siguiendo este resultado se concluye que es viable económicamente, ya que es un gasto que será necesario para esta implementación del Sistema Web SCADA, y será una herramienta de gran utilidad para todos los colaboradores de la empresa.

3.1.4. Viabilidad Comercial

El haber implementado el Sistema Web de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., le permitirá mantenerse competitivo en el mercado Nacional y fomentado la exportación ya que se podrá observar los datos estadísticos de la generación de energía eléctrica y con ello se podrá transar diversos tratados con las empresas que se dediquen a la generación, distribución y comercialización de energía.

Siendo este Sistema Web SCADA una herramienta fundamental para la empresa y es viable comercialmente.

3.2. Alcance del Estudio

- La investigación abarca únicamente a las empresas dedicadas al rubro de generación eléctrica en el PERÚ, aquellas empresas que forman parte del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado - FONAFE.
- En esta investigación se tomará en cuenta la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., puesto que se cuenta con una autorización requerida para la recopilación de la información



3.3. Metodología de desarrollo - Programación Extrema (XP)

La metodología hace referencia al conjunto de procedimientos racionales que se utilizará para alcanzar el objetivo de Implementar el Sistema Web SCADA en EGEMSA.

La elección de un método pertinente para alcanzar el objetivo es una tarea complicada, luego de investigar, se optó por el uso de una metodología de programación extrema o extreme programming (XP)⁴¹, ya que la principal característica de esta metodología es la adaptabilidad, es decir, esta metodología es capaz de adaptarse a los cambios de requisitos en cualquier punto del desarrollo del proyecto.

Extreme Programming tiene la gran ventaja de poder adoptar etapas de otras metodologías de manera dinámica y poniendo más énfasis en el desarrollo de acuerdo a lo que se pretende lograr.

3.3.1. Rasgos principales

Comunicación:

Kent Beck, autor del primer libro de extreme programming nos recomienda comentar sólo aquello que no va a variar, es decir, el código autodocumentado es más fiable que los comentarios ya que estos son descartados a medida que el código va siendo modificado.

Se debe de mostrar ejemplos concretos de cómo utilizar su funcionalidad y se recomienda hacer pruebas unitarias de las clases y métodos.

Simplicidad:

Simplificar el diseño para agilizar el desarrollo y mantenimiento para esto se debe elegir adecuadamente el nombre de las variables, métodos y clases. Así mientras más grande se haga el proyecto, el equipo ira conociendo cada vez más el sistema completo.

3.3.2. Características

Las características principales a tener en cuenta en el desarrollo son:

⁴¹ *Extreme Programming (XP) – Ken Beck*



- **Pruebas unitarias continuas:**

Debemos probar cada método y clase de forma automatizada y repetitiva considerando mejorar el resultado a lograr.

- **Programación en parejas:**

Se recomienda que las tareas de desarrollo se lleven a cabo por dos personas en un mismo puesto, de esta manera el código es revisado y discutido mientras se escribe.

- **Hacer entregas frecuentes:**

Corrección de todos los errores antes de añadir nueva funcionalidad.

- **Refactorización del código:**

Reescribir ciertas partes del código para aumentar su legibilidad y mantenimiento pero tratando de no modificar su comportamiento.

- **Propiedad del código compartida:**

Promover que todo el personal pueda corregir y extender cualquier parte del proyecto para garantizar que todos los posibles errores sean detectados.

- **Simplicidad en el código:**

Es más sencillo hacer algo simple y luego tener un poco de trabajo extra para cambiarlo que hacer algo complicado.

3.3.3. Pasos básicos de la programación extrema

Se basa en doce "prácticas básicas", las cuales son.

- Equipo completo: Forman parte del equipo todas las personas que tienen algo que ver con el proyecto, incluido el cliente y el responsable del proyecto.
- Planificación: Se hacen las historias de usuario y se planifica en qué orden se van a hacer y las mini-versiones y/o prototipos.
- Test del cliente: El cliente, con la ayuda de los desarrolladores, propone sus propias pruebas para validar las mini-versiones.
- Versiones pequeñas: Las mini-versiones deben ser lo suficientemente pequeñas como para poder hacer una cada pocas semanas. Deben ser versiones que ofrezcan algo útil al usuario final y no trozos de código que no pueda ver funcionando.



- Diseño simple: Hacer siempre lo mínimo imprescindible de la forma más sencilla posible. Mantener siempre sencillo el código.
- Pareja de programadores: Los programadores trabajan por parejas (dos delante del mismo ordenador) y se intercambian las parejas con frecuencia (un cambio diario).
- Desarrollo guiado por las pruebas automáticas: Se deben realizar programas de prueba automática y deben ejecutarse con mucha frecuencia. Cuantas más pruebas se hagan, mejor.
- Integración continua: Deben tenerse siempre un ejecutable del proyecto que funcione y en cuanto se tenga una nueva pequeña funcionalidad, debe recompilarse y probarse. Es un error mantener una versión congelada dos meses mientras se hacen mejoras y luego integrarlas todas de golpe. Cuando falle algo, no se sabe qué es lo que falla de todo lo que hemos metido.
- El código es de todos: Cualquiera puede y debe tocar y conocer cualquier parte del código. Para eso se hacen las pruebas automáticas.
- Normas de codificación: Debe haber un estilo común de codificación (no importa cuál), de forma que parezca que ha sido realizado por una única persona.
- Metáforas: Hay que buscar unas frases o nombres que definan cómo funcionan las distintas partes del programa, de forma que sólo con los nombres se pueda uno hacer una idea de qué es lo que hace cada parte del programa.
- Ritmo sostenible: Se debe trabajar a un ritmo que se pueda mantener indefinidamente.⁴²

⁴² *Doce practicas basicas - ww.xprogramming.com/xpmag/whatisxp.htm.*

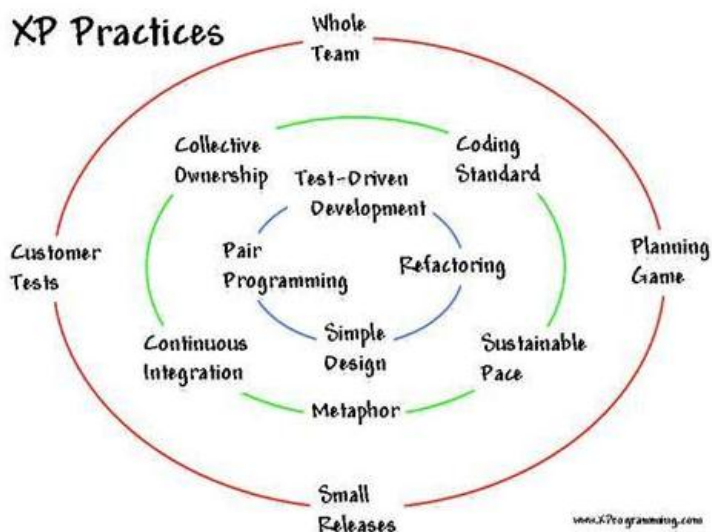


Ilustración 25: Pasos de la Programación Extrema

Fuente: ingenieriadeoftware.mex

Para la Implementación del Sistema Web SCADA, se realizaron pruebas unitarias trabajando con dos versiones V1 y V2, asimismo siguiendo los pasos de la programación extrema se trabajó con metas implementando un cronograma de trabajo que cuenta con cinco fases:

FASE I: PLANIFICACIÓN

FASE II: ANÁLISIS

FASE III: DISEÑO

FASE IV: IMPLEMENTACIÓN

FASE V: PRUEBA

(VER ANEXO 2)

La implementación del Sistema Web SCADA versión 1 (V1), se describe a más detalle en el **CAPITULO V: IMPLEMENTACIÓN – 5.1.6. Programación del Sistema Web SCADA**, que muestra paso a paso acerca del funcionamiento de dicho sistema. A continuación se muestra la primera versión (V1) del Sistema Web SCADA, al igual que la versión (V2) respectivamente.

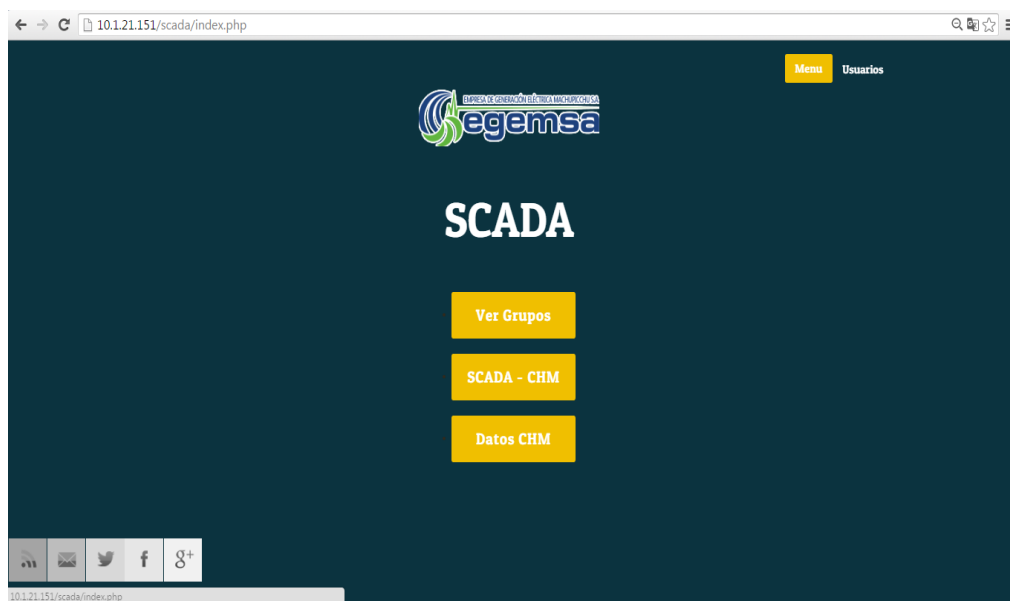


Ilustración 26: Sistema Web SCADA versión 1 (V1)

Fuente: Propia



Ilustración 27: Sistema Web SCADA versión 2 (V2)

Fuente: Propia

3.4. Metodología de investigación

3.4.1. Investigación Experimental

Para esta investigación se tomó varias características como por ejemplo:

- Manipulación de Variables Independientes para decidir los niveles que corresponden a cada variable y asignar a cada uno de ellas.



- La medición de variables dependientes para consignar variables numéricas.
- Utilización de estadística para la toma de decisiones en términos de probabilidad, lo que dará lugar a poder realizar generalizaciones a partir de las muestras que se recojan.
- Control de variables extrañas, se utilizarán estas variables de acuerdo a las necesidades del Sistema Web SCADA.

3.4.2. Investigación Bibliográfica

Se realizó una investigación bibliográfica, ya que se ha recopilado información de libros, páginas web, informes, tesis de postgrado y tutoriales, relacionados al tema tanto en teoría como en el uso del software, ampliando así los conocimientos para la investigación del proyecto.

3.4.3. Investigación Aplicada

Se utilizará el método de investigación aplicada, porque se aplicará los conocimientos ya adquiridos durante el tiempo de estudios realizados, con lo cual se demostrará y se comprobará un sistema autónomo que nos pueda ayudar a resolver cada problema o situación que se presenten, sin necesidad de nuestra intervención.

3.4.4. Procesamiento y Análisis de datos

La información consultada tanto en libros y en Internet fue analizada y ordenada de forma objetiva para el desarrollo del informe final. Los datos proporcionados por la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. fueron tabulados y analizados para ejecutar el Sistema Web y el aplicativo móvil.

3.4.5. Desarrollo del Proyecto

La IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB SCADA EN LA EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MACHUPICCHU, se ejecutará en la misma empresa, ya que se cuenta con la autorización para disponer de la información requerida para la aplicación de este sistema.

3.5. Diseño de Investigación

3.5.1. Especificación de Equipos

Las especificaciones técnicas del equipo que se utilizó para las pruebas son:

Hardware	
ESPECIFICACIÓN	DETALLE
Procesador	Intel(R) Core(TM) i3-2450M CPU @ 2.50 GHz (4 CPUs) ~2.5GHz
Memoria RAM	4G
Tarjeta de Video	Intel(R) HD Graphics 3000
Tarjeta Inalámbrica	
Controlador	Intel® Centrino® Wireless-N 2230
Versión	8.51.0002.0000

Tabla 1: Especificaciones de Equipo Fuente: Propia

3.5.2. Especificación de Software

Si bien en el mercado existen diferentes aplicaciones que permiten realizar diferentes tareas y además de ello de distribución gratuita, en esta investigación se decidió utilizar las herramientas las cuales son:

- Editor de Programación : Sublime Text (Versión 2)
- Visual Studio 2010
- Lenguajes de Programación: PHP , C#
- Servidor Local: XAMPP (Versión 3.2.2)
- Servidor MATRIKON OPC (Versión 2015)
- Cogent DataHub (Versión 7.3.9.364)
- Librerías NuSoap
- Servicio Web Services
- Base de Datos: phpMyAdmin (Versión 4.5.1.)

3.6. Población

La población que se utilizó para IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB SCADA, fueron los colaboradores de la empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., que se dividen en:



Gerencia General
Oficina de Control Institucional
Gerencia de Administración y Finanzas
Gerencia de Proyectos
Gerencia Comercial
Gerencia de Operaciones
Represa
Central Hidroeléctrica Machupicchu

3.7. Muestra

La muestra para la IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB SCADA, será estratificada ya que se subdivide en áreas y son alrededor de 24 colaboradores estas son:

- Gerencia General: En dicha oficina, el sistema será una herramienta útil y de fácil acceso, para las reuniones de directorio ya que se requiere de dicha información para fines empresariales.
- Gerencia Comercial: El sistema Web SCADA, será utilizado con fines comerciales, ya que se conocerá la información real de la generación de energía eléctrica y esta información será útil en la realización de contratos, transacciones con otras empresas de rubro eléctrico, entre otros fines de dicha gerencia.
- Tecnologías de Información: Para la oficina de T.I., el sistema Web SCADA, será un herramienta ventajosa, puesto que el desarrollo del sistema como su programación y la utilización de varias tecnologías, será un aporte para la oficina ya que podrá ser utilizado para proyectos a mediano y largo plazo.
- Oficina de Control Institucional: En dicha oficina se requiere la información acerca de la generación de energía eléctrica, para la realización de informes, ya que se utiliza en su mayoría la supervisión de las tareas internas de la empresa y/o para fines de auditoria.

Los colaboradores de las áreas mencionadas interactuarán directamente con el sistema Web SCADA siendo esta una herramienta de gran utilidad.

3.8. Técnicas de Recolección de Datos

Para el desarrollo del proyecto de la “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA WEB SCADA”, se obtendrá la información real teniendo en cuenta una autorización formal



sobre la utilización de la información necesaria en la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

También se obtendrá información respecto al tema de libros e internet.

Se utilizara los siguientes métodos y técnicas:

3.8.1. Técnicas

Se aplica las siguientes técnicas:

3.8.1.1. Observación Directa

La observación es de tipo sistemático por cuanto la investigación forma parte del mercado tecnológico, hecho que permite la búsqueda de los datos necesarios que conllevan a resolver el planteamiento del problema.

3.8.1.2. Encuestas

Las encuestas se realizará por medio oral y escrita a los colaboradores de la entidad, de forma directa e indirecta, ya que esta información será de gran importancia para la adquisición de requerimientos de los usuarios, y que es lo que se desea implementar en el Sistema Web SCADA.

3.8.1.3. Entrevistas

Las entrevistas se realizarán a los colaboradores de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. acerca si les sería más fácil conocer los datos de generación de energía eléctrica, en un Sistema Web y en un aplicativo móvil, siendo esta herramienta un software fundamental para uso y al alcance de cualquier usuario.

3.8.1.4. Ficha de Calidad

La ficha se calidad se ejecutará a los colaboradores de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A., para verificar la ejecución del Sistema Web SCADA; ya que este sistema tendrá que cumplir todos los objetivos anteriormente planteados y beneficiar al desarrollo de la empresa.



3.9. Técnicas de Procesamiento de Datos

La información consultada tanto en libros y en Internet fue analizada y ordenada de forma objetiva para el desarrollo del informe final. Los datos proporcionados por la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. fueron tabulados y analizados para ejecutar dicho Sistema Web y el aplicativo móvil.

CAPITULO IV: DISEÑO

4.1. Descripción Actual de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

4.1.1. Datos Generales de la Empresa

Razón Social: Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

Siglas: EGEMSA

Tipo de sociedad: ANONIMA.

Domicilio legal: Av. Machupicchu s/n.

Teléfono: 084 263 407 - 084 263 419

Página web: <http://www.egemsa.com.pe/>



Ilustración 28: Pagina Web de la Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

Fuente: www.egemsa.com.pe

4.1.2. Actividades que realiza la empresa

La Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. EGEMSA, desarrolla actividades de generación de energía eléctrica por medio de sus instalaciones ubicadas en el Sur Este del Perú, las cuales se encuentran conectadas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), teniendo su sede institucional en la ciudad del Cusco.



4.1.3. Reseña Histórica

La Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. EGEMSA se constituyó sobre la base de los activos y pasivos transferidos por ELECTROPERU S.A. y Electro Sur Este S.A. de acuerdo a lo establecido en el Artículo 10° del Decreto Legislativo N° 674, documento en el que se reafirmó el acuerdo de la COPRI autorizando la división y reorganización de las empresas que conforman el Sistema Eléctrico Nacional emitido mediante la Resolución Suprema N°165-93 PCM.

El 13 de agosto de 1993, la junta General de Accionistas de ELECTRO PERU S.A. designó al primer Directorio de EGEMSA, quienes iniciaron sus funciones el 25 de abril de 1994. Posteriormente, el 7 de noviembre de 1994 mediante resolución Suprema N° 076-94-EM se otorgó a EGEMSA la concesión definitiva para la generación hidroeléctrica, hecho que fue confirmado mediante Contrato N° 030, inscrito en el folio N° 367-E del Registro Mercantil Cusco.

El 27 de febrero de 1998 la fuerza de la naturaleza expresada en un aluvión de grandes magnitudes dejó sepultada la Central Hidroeléctrica Machupicchu. Desde entonces, los trabajos para la recuperación en su primera fase lograron sus frutos en el año 2001 con la puesta de servicio de tres grupos Pelton de 90 MW iniciales.

El año 2002 significó una etapa de afianzamiento y proyección al crecimiento Económico, Tecnológico e Institucional; se lograron nuevos contratos con clientes potenciales por periodos mayores a los 5 años, los estudios y trabajos para dotar de seguridad de operación a la C.H. Machupicchu están enmarcados dentro del plan de mantenimiento y vulnerabilidad, el estudio de la repotenciación de la P.C.H de la Hercca se encuentra concluido, la modernización y automatización de la S.E. de Dolorespata está expedita, del mismo modo se realizaron trabajos básicos para la implementación del sistema integral de información empresarial.

El año 2004 se puso en funcionamiento del Sistema de Transmisión de datos en tiempo Real. SCADA.



En Julio del 2006, EGEMSA recibió la certificación al sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000. En Junio de 2008 obtuvo la certificación de los sistemas de Gestión de Medio Ambiente ISO 14001:2004, Seguridad y Salud Ocupacional OSHAS 18001:1999, en el mes de Octubre la cámara de comercio del Cusco tuvo bien otorgar a EGEMSA la distinción denominada la Mejor empresa del Año en el Sector de Industria, así mismo este año el directorio de la Empresa se proyectó a futuro, iniciado acciones para hacer realidad la segunda fase de la Rehabilitación de la central Hidroeléctrica de Machupicchu.

4.1.4. Misión

"Generar energía eléctrica con calidad y comercializar de manera eficiente, logrando la satisfacción de nuestros clientes, brindando un entorno laboral adecuado e incrementando el valor de la empresa bajo una política de responsabilidad para con la sociedad y el medio ambiente".

4.1.5. Visión

"Ser reconocida como modelo de la empresa eficiente y responsable".

4.1.6. Organización Jerárquica

La organización de EGEMSA contempla lo siguiente.

- Directorio
- Gerencia General
- Oficina de Control Institucional.
- Gerencia de Administración.
- Gerencia de Planificación y Desarrollo Empresarial
- Gerencia Comercial
- Gerencia de Operaciones.

4.1.7. Organigrama

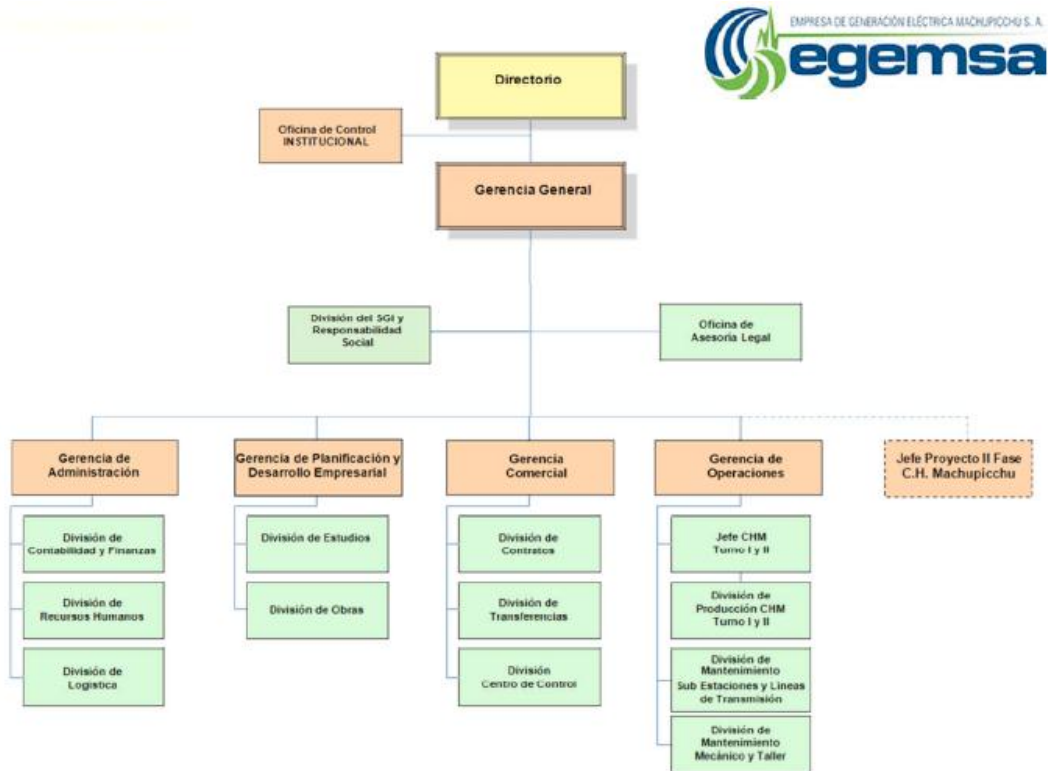


Ilustración 29: Organigrama EGEMSA S.A.

Fuente: www.egemsa.com.pe

4.2. Ubicación - Planta de Generación

A continuación se detalla la ubicación del complejo Industrial de Generación, como la instalación Principal.

La Central Hidroeléctrica Machupicchu se encuentra ubicada en la jurisdicción del distrito de Machupicchu, provincia de Urubamba, departamento del Cusco.

Las coordenadas de ubicación son las siguientes

Represa:

Este	767600
Norte	8541700
Altura	2116 m.s.n.m.

Central Hidroeléctrica Machupicchu

Este	764350
Norte	8542400
Altura	1800 m.s.n.m.



Ilustración 30: Mapa Político Sede Cusco

Fuente: Propia – Google Maps



Ilustración 31: Mapa Geográfico - Planta de Generación CHM

Fuente: Propia – Google Earth

4.3. Descripción de los Procesos, Operaciones Principales, Recursos y Ambientes de la Empresa.

4.3.1. Generación

En la provincia de Urubamba, departamento del Cusco, la Central Hidroeléctrica de Machupicchu utiliza para la generación de energía eléctrica la energía potencial del agua embalsada en la Represa de derivación situada en el km.107 de la vía del ferrocarril Ollantaytambo - Machupicchu, que se encuentra a más alto nivel que la central.



Esta agua captada en la bocatoma, recorre un túnel de aducción de 3.3 kilómetros de largo y luego cae a la central por dos tuberías forzadas, desde una altura de 365 metros. Esta agua se lleva por un túnel de una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante 3 turbinas hidráulicas tipo Peltón se produce la electricidad en alternadores con un aproximado de 22.4 MW por cada grupo y 1 turbina hidráulica tipo Francis que produce aproximadamente 97 MW.

4.3.2. Control y Maniobra

El sistema de control tiene su sede principal en la ciudad del Cusco, en la Sub Estación de Dolorespata. Aquí por medio del sistema de control remoto SCADA e indicadores en tiempo real se realiza las acciones necesarias para mantener la Central Hidroeléctrica Machupicchu a un funcionamiento óptimo, estable y manteniendo en equilibrio la interacción con el SEIN en los aspectos más importantes como frecuencia y voltaje, así como la coordinación y maniobras para mantenimientos o acciones necesarias. Todas estas coordinaciones se realizan con personal e instalaciones ubicadas en cada una de locaciones importantes como la sala de máquinas en la misma central, la Represa en el km. 107 y la represa de Sibinacocha.

4.3.3. Comercialización

Procesos y actividades por las cuales se administra la energía producida. Este producto es comercializado en un mercado normado (SEIN) coordinado por el COES⁴³ y regulado por Osinergmin. La misión de esta actividad es conseguir la máxima productividad y rentabilidad.

4.3.4. Instalaciones

Actualmente EGEMSA, cuenta con 4 instalaciones importantes, las cuales son:

- La Central Hidroeléctrica de Machupicchu (incluida la Represa - Km. 107).
- La Central Térmica de Dolorespata.
- Taller Central.
- La Represa de Sibinacocha.

⁴³ COES – Comité de Operaciones de Sistema Interconectado Nacional

Central Hidroeléctrica Machupicchu: Ubicada en la provincia de Urubamba, departamento del Cusco, utiliza el potencial del recurso hídrico del Río Vilcanota. Fue edificada en dos etapas, la primera en 1958 con una potencia instalada de 40 MW con dos grupos Francis y la segunda etapa se inició en 1981 incorporando tres grupos Peltón de 22.4 MW totalizando una potencia de 107.2 MW aproximadamente.



Ilustración 32: Sala de Máquinas II Fase. Grupo Francis - Antes del Incidente de 1998

Fuente: Fotografías EGEMSA.

El 28 de febrero de 1998 la inundación de la central la dejó inoperativa y tras su proceso de recuperación el 13 de julio de 2001, se realizó una repotenciación a los tres grupos Peltón a 22.4 MW aproximadamente cada uno la central hidroeléctrica inicia sus operaciones entregando una potencia total de 97 MW y se mantiene así hasta ahora.

Actualmente esta central se encuentra en proceso de ampliación, la construcción de la segunda fase donde se instalara una turbina Francis capaz de generar 100 MW.



Ilustración 33: Represa km 107

Fuente: Fotografías EGEMSA



Ilustración 34: Sala de Máquinas Primera Fase, Vista de los tres Grupos Pelton

Fuente: Fotografías EGEMSA



Ilustración 35: Sala de Máquinas Segunda Fase, Cabezal Grupo Francis

Fuente: Propia



Ilustración 36: Grupo Francis, Sala de Máquinas

Fuente: Propia

Central Térmica de Dolorespata: Se encuentra ubicada en la ciudad del Cusco, distrito de Santiago, construida entre los años 1953 y 1959 por el presidente de la república Manuel Prado, contaba inicialmente con dos grupos Sulzer de 0.8 y 1.8 MW para satisfacer la demanda de la ciudad del Cusco.

Se incrementó la potencia instalada con la incorporación de tres grupos General Motors y el año 1976 con dos grupos Alco, logrando 15.62 MW instalados utilizando como combustible el Diésel N° 2. En la última década dichos grupos Sulzer se vinieron usando como reserva fría, en caso de contingencias, pero debido a los costos de generación fueron retirados como parte de esta reserva fría a pedido del COES.

En la misma ubicación se encuentra la sede institucional de EGEMSA, donde se desarrollan las actividades administrativas y comerciales, ubicándose también las instalaciones de la subestación de Dolorespata, el cual sirve como nodo energético principal en la ciudad del Cusco.



Ilustración 37: Grupo Electrógeno Sulzer, Subestación Dolorespata

Fuente: Fotografías EGEMSA

Taller Central: El taller central se encuentra ubicado a escasos metros de la sede institucional. Posee el equipamiento necesario para la ejecución de trabajos de reparación de componentes hidráulicos, además el servicio de Mantenimiento Electromecánico que la empresa ofrece.



Ilustración 38: Taller Central Cusco

Fuente: Fotografías EGEMSA

Represa de Sibinacocha.- La represa de Sibinacocha y el lago natural del mismo nombre se ubican en la Cuenca Alta del Salcca, en el distrito de Pitumarca, provincia de Canchis, Departamento del Cusco, a una altitud media de 4,860 m.s.n.m. y a una distancia de 147 Km al Sur Este de la ciudad del Cusco.

La represa de Sibinacocha tiene el propósito de mantener el caudal del río Vilcanota en época de estiaje (o de secas) y así garantizar la normal operación de los grupos generadores de la Central Hidroeléctrica Machupicchu. La represa tiene un volumen útil del orden de los 120 Hm³. La regulación de la laguna natural permite una disponibilidad adicional en época de estiaje de 7 a 12 m³/s.



Ilustración 39: Represamiento o Embalse de Sibinacocha

Fuente: Fotografías EGEMSA