

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Análisis y Estudio de la Actualización del Sistema de Supervisión
y Control SCADA en el Bloque 16 de Repsol YPF**

Roberth Alexander Peñaranda Loayza

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención de título de Ingeniero
Eléctrico

Quito

Febrero de 2010

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Colegio de Ciencia e Ingeniería – El Politécnico
Ingeniería Eléctrica – Electrónica

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Análisis y Estudio de la Actualización del Sistema de Supervisión
y Control SCADA en el Bloque 16 de Repsol YPF**

Roberth Alexander Peñaranda Loayza

Omar Aguirre, M.Sc.

Director de Tesis

Miembro del Comité de Tesis

Daniel Cárdenas, Ph.D.

Miembro del Comité de Tesis

Santiago Navarro, Ph.D.

Director de la Ingeniería Eléctrica-Electrónica

Fernando Romo P, M.Sc.

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, febrero 2010

© Derechos de autor

Robert Alexander Peñaranda Loayza

2010

Dedicatoria

A mis padres, Robert Marcel Peñaranda y Blanche Loayza, los cuales me supieron ayudar en todo momento para poder salir adelante y culminar mi carrera.

Así mismo a mi hermano y familiares quienes han confiado en mí de que lograre mis objetivos. Y por sobre todo a Dios, ya que gracias a él he podido superar todos los obstáculos en mi vida.

Agradecimientos

En la misión de educar y de inculcar sus conocimientos, a los profesores quienes me formaron académicamente.

A la empresa RepsolYpf la cual me permitió realizar la tesis en sus instalaciones y especialmente a mí tutor en la empresa el Ing. Raúl Arroba.

A mis amigos los cuales de una u otra manera me han ayudado a lo largo de estos cinco años para poder culminar la carrera.

Resumen

En la actualidad la mayoría de empresas las cuales trabajan con fuentes de energía utilizan un sistema SCADA para el monitoreo de los procesos involucrados. Este sistema permite observar los distintos parámetros de la fábrica, así mismo poder monitorear y controlar tanto actuadores como sensores. Lo cual es imprescindible para el manejo eficiente de una empresa, más aun de una compañía petrolera la cual no puede permitir apagones en la planta, ya que esto conlleva grandes pérdidas. Es así que se desea actualizar el existente sistema SCADA que se usa en el Bloque 16 de RepsolYpf el cual funciona con el software, Plantscape R500 de la compañía Honeywell. A un software más moderno, eficiente y que no se encuentre discontinuado, aprovechando la mayoría de equipos que se encuentran en las facilidades de producción.

Abstract

At present almost every company which work with energy sources utilize a SCADA system to monitor the processes involved. A SCADA system permits to observe the different parameters of the factory; therefore you could monitor and control the actuators as much as the sensors. This is essential for the efficient manage of a company more over for Oil Company which could not permit shutdowns, because this causes big losses. Consequently the company RepsolYPF wishes to update the actual SCADA system, Plantscape R500 of Honeywell, which is use in the Block16. Update to a software modern, efficient and that is not discontinued, to make the most of the equipment that is use in the productions facilities.

Tabla de Contenido

I.	Introducción	1
A.	Objetivo General.....	1
B.	Objetivos Específicos.....	1
C.	Descripción del Problema	1
II.	Descripción de la Empresa	3
A.	Descripción de la Empresa	3
B.	Visión Estratégica.....	4
III.	Arquitectura del Actual Sistema SCADA	4
A.	Arquitectura del Bloque 16.....	4
1.	Facilidad de producción Sur SPF	5
2.	Facilidad de producción Norte NPF.....	7
3.	Estación Shushufindi.....	9
B.	Puntos Críticos del sistema	9
C.	Determinación de la mejor opción para la actualización del SCADA en NPF.....	11
IV.	Desmontaje del Actual Sistema SCADA	17
A.	Arquitectura a Realizarse en NPF.	17
B.	Equipos y Software Necesario para la migración.....	25
C.	Respaldo de Base de Datos del Sistema Actual y Método de Migración al sistema Experion	30
V.	Implementación del nuevo hardware y software.	32
A.	Configuración y Montaje de Servidores y Estaciones	32
B.	Pruebas FAT	36
C.	Pruebas SAT	41
D.	Proceso de Migración e Integración del sistema Experion R311.2.....	48
VI.	Conclusiones y Recomendaciones.....	57
A.	Conclusiones.....	57
B.	Recomendaciones.....	59

Tabla de Gráficos:

Gráfico 1: Ubicación Bloque 16.....	3
Gráfico 2: Facilidades de producción Bloque 16	4
Gráfico 3: Arquitectura SCADA del SPF	6
Gráfico 4: Arquitectura sistema SCADA NPF.....	8
Gráfico 5: Arquitectura sistema SCADA Shushufindi	9
Gráfico 6: Tecnología DSA puede ser usada para transferir información entre distintas estaciones o a un cuarto de control central.....	16
Gráfico 7: Arquitectura del sistema PlantScapeR500 de la Facilidad de Producción del Norte (NPF).	18
Gráfico 8: Topología típica de una red FTE.	19
Gráfico 9: Topología mínima para una Red FTE.....	20
Gráfico 10: Topología de la Red FTE para NPF.....	21
Gráfico 11: Arquitectura de NPF con la actualización a Experion R300.	22
Gráfico 12 : Arquitectura del Bloque 16 con la Actualización a ExperionR300.	24
Gráfico 13: Arquitectura de la Ubicación de equipos en el cuarto de control de NPF.	26
Gráfico 14 : Implementación del FTE Bridge Module en el controlador C200.....	28
Gráfico 15: Switch de 24 puerto NE-SW224T	29
Gráfico 16: Tarjeta dual para la red FTE	29
Gráfico 17: Pasos para realizar migración de PlantScape R500 a Experion R311.2.....	31
Gráfico 18: Servidor principal siendo actualizado a Experion R311.2	33
Gráfico 19: Parte superior switches para red FTE y en la parte inferior los dos servidores con el nuevo sistema Experion R311.2.....	35
Gráfico 20: Comparación de datos entre el sistema PlantScape (izquierda) y Experion (derecha).	37
Gráfico 21: Comparación de alarmas, arriba Experion y abajo Plantscape.	37
Gráfico 22: Comprobación de enlaces de una pantalla en el sistema Experion R311.2 ...	39
Gráfico 23: En la Parte superior historial sistema PlantScape y parte inferior sistema Experion	40
Gráfico 24: PLC conectado con los servidores para la prueba de actualización.....	41
Gráfico 25 : Comprobación de las tarjetas de los PLCs en el sistema Plantscape (arriba) y sistema Experion (abajo).	43
Gráfico 26: Primer dibujo red FTE funcionando normalmente, segundo dibujo red FTE funcionando por el Canal B y tercer gráfico comprobación de todos los caminos posibles de la red FTE.	45

Gráfico 27: Señal de los PLCs que se encuentran en campo al comienzo de la prueba de Monitoreo.....	46
Gráfico 28: Canales de los PLCs actualizándose al reconocerlos el nuevo servidor con Experion R311.2	47
Gráfico 29: Canales de los PLCs ya reconocidos por el sistema Experion R311.2	47
Gráfico 30: Arquitectura de la red en el paso 3 del procedimiento para migrar al sistema ExperionR311.2	48
Gráfico 31: Arquitectura en el paso 6 de la actualización a Experion R311.2.....	49
Gráfico 32: Arquitectura en el paso 9 de la migración a Experion R311.2.....	50
Gráfico 33: Arquitectura final con la actualización ya realizada a Experion R311.2.....	51
Gráfico 34: Arquitectura de los PLCs de la Planta NPF	52
Gráfico 35: PLC o rack 10 el cual va ser el primero en actualizarse.....	53

Lista de Abreviaturas

Siglas	Significado	
ACE	Application Control Environment	Ambiente de Control Aplicado
AI	Analog Input	Entrada Analoga
AO	Analog Output	Salida Analoga
CNI	Controlnet Interface	Interface Controlnet
DCS	Distributed Control System	Sistema Distribuido de Control
DI	Digital Input	Entrada Digital
DO	Digital Output	Salida Digital
DSA	Distributed System Architecture	Sistema de Arquitectura Distribuida
FAT	Fabrique Acceptation Test	Pruebas de Aceptación en Fabrica
FMI	Fieldbus Module Interface	Modulo de Interface Fieldbus
FTE	Fault Tolerant Ethernet	Ethernet Tolerante a Fallas
HAZID	Hazard Indentification Study	Estudio de identificación de Peligros
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
NIC	Network Interface Controler	Controlador de Interfaz de Red
NPF	North Production Facility	Facilidad de Producción del Norte
OCP	Oleoducto de Crudos Pesados	
OLE	Object Linking and Embedding	Enlace e Incrustación de Objetos
OPC	OLE for Process Comunication	OLE Para Comunicación de Procesos
PKS	Process Knowledge System	Sistema de Conocimiento de Procesos
PLC	Programable Logic Controler	Controlador Lógico Programable
RTU	Remote Terminal Unit	Unidad Terminal Remota
SAT	Site Acceptation Test	Pruebas de Aceptación en Sitio
SCADA	Supervisión Control y Adquisición de Datos	
SIF	Safety Instrumented Function	Función Instrumentada de Seguridad
SIS	Sistema Integrado de Seguridad	
SPF	South Production Facility	Facilidad de Producción del Sur
STP	Shielded Twisted Pair	Par Trenzado Blindado

I. Introducción

A. Objetivo General

Obtener un sistema de Supervisión y Control SCADA robusto que cumpla con los requerimientos actuales del mercado como ser escalable, determinístico y seguro para disponer de nuevas herramientas informáticas que permitan un excelente manejo de la información.

B. Objetivos Específicos

- Poseer una comunicación confiable entre servidores de las diferentes locaciones.
- Tener una plataforma de última generación en software y hardware.
- Superar inconvenientes de la red ControlNet al actualizarla a la red FTE.
- Garantizar compatibilidad con el sistema actual para aprovechar todos los equipos y dispositivos del sistema anterior.
- Migración de la información existente en las bases de datos actuales.

C. Descripción del Problema

En la actualidad el Sistema de Supervisión y Control SCADA que posee el Bloque 16 se basa en la tecnología del PlantScape Process R500 de Honeywell. El cual se encuentra discontinuado en el mercado lo que origina un alto costo y difícil adquisición de licencias y actualizaciones. Igualmente existen algunas fallas que el sistema ya ha presentado como son problemas en la comunicación entre servidores de las diferentes locaciones y en la ejecución de reportes de eventos, acorde a los reportes generados en el área de mantenimiento. Otras desventajas

que presentará a futuro el sistema SCADA actual es el problema de obsolescencia de servidores y estaciones lo cual provocará baja memoria en equipos y lentitud de respuesta. Adicionalmente está el limitante que implica en hardware la red ControlNet a nivel de estaciones como servidores, ya que se han presentado varios casos donde existe demora para la observación de variables y la red ControlNet se encuentra desactualizada.

Hoy en día existen mejores sistemas los cuales permiten tener un mejor rendimiento en distintas áreas como son: comunicación, adquisición y presentación de datos. La opción propuesta para la actualización del sistema SCADA es migrar del sistema PlantScape Process R500 de Honeywell a Experion de Honeywell. Debido a varias ventajas que se desea conservar del sistema anterior y muchos más beneficios y facilidades del sistema Experion.

Entre las principales ventajas que se desea conservar está el levantamiento de las bases de datos y equipos existentes en campo, mantener el conocimiento de los operadores en gráficas y aplicaciones. Principalmente a que no es necesario dibujar nuevas pantallas para el sistema al realizar la migración, reduciendo los paros de la planta de producción, ya que esto representa una gran pérdida para la compañía por lo cual se desea que el impacto al actualizar el sistema SCADA sea mínimo.

II. Descripción de la Empresa

A. Descripción de la Empresa

Repsol es una compañía líder y experta en energía, la cual trabaja en soluciones energéticas responsables con el planeta con actividades en más de 30 países. En Ecuador está desde el 2004 y está a cargo del Bloque 16. Este Bloque se encuentra en la región Amazónica, provincia de Orellana, se lo observa en el gráfico 1. En una zona con clima húmedo tropical lluvioso, con altas precipitaciones, elevada humedad y temperaturas que no varían significativamente entre el invierno y el verano, rodeado de exótica vegetación y fauna típica de la selva.

Dentro de este bloque se tiene dos facilidades de producción las cuales son la Facilidad de Producción del Norte NPF y la Facilidad de Producción del Sur SPF. Adicionalmente posee una estación de bombeo en Shushufindi para bombear el crudo a la estación del OCP (Oleoducto de Crudos Pesados).

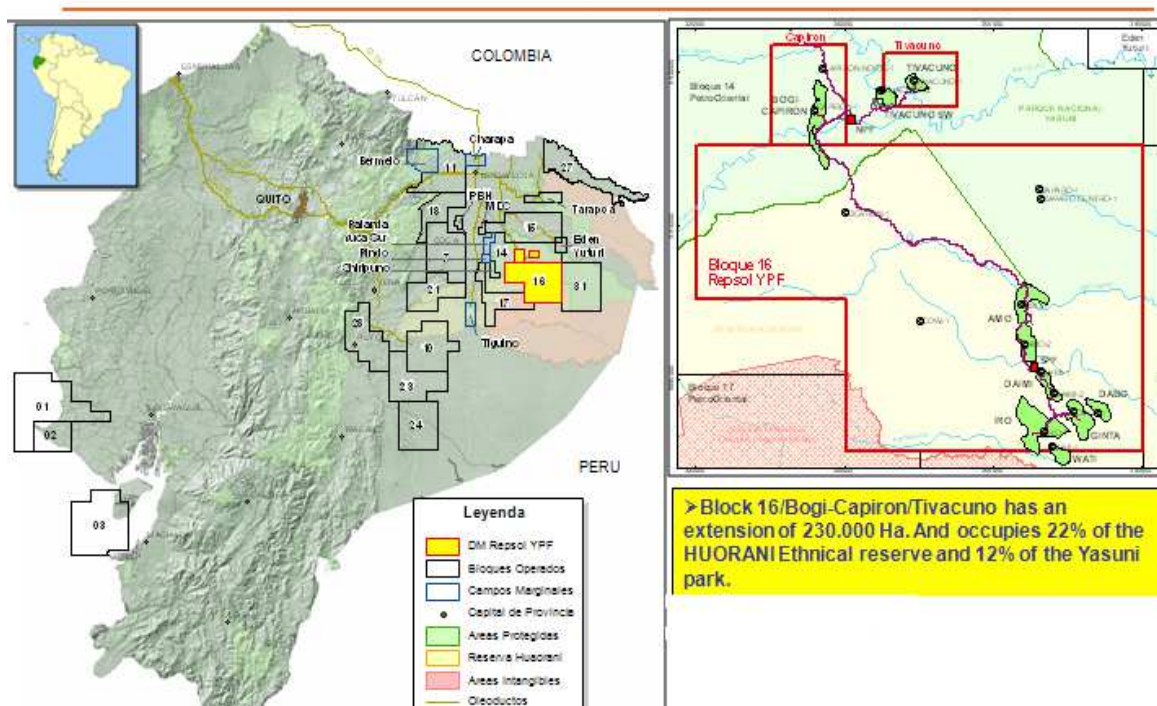


Gráfico 1: Ubicación Bloque 16

B. Visión Estratégica

"Ser una empresa internacional petrolera y gasista integrada, admirada, orientada al cliente y a la creación de valor"

III. Arquitectura del Actual Sistema SCADA

A. Arquitectura del Bloque 16

El bloque 16, como se indicó anteriormente, posee dos facilidades de producción como son SPF donde se encuentran los campos AMO, DAIMI, GINTA e IRO. La otra facilidad de producción es NPF con los campos BOGI, CAPIRON y TIVACUNO, adicionalmente se tiene una estación de bombeo Shushufindi como se puede observar en el gráfico 2, por lo tanto la arquitectura del sistema SCADA se divide en tres partes las cuales son las dos facilidades de producción y la estación de bombeo Shushufindi.

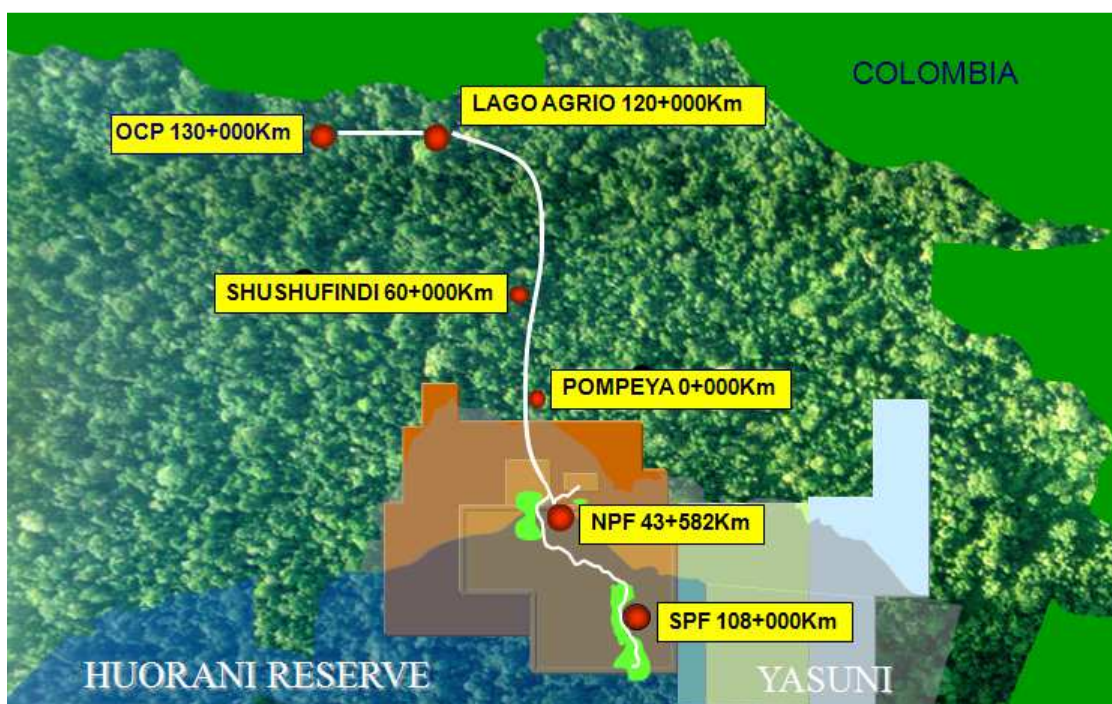


Gráfico 2.1: Facilidades de producción Bloque 16

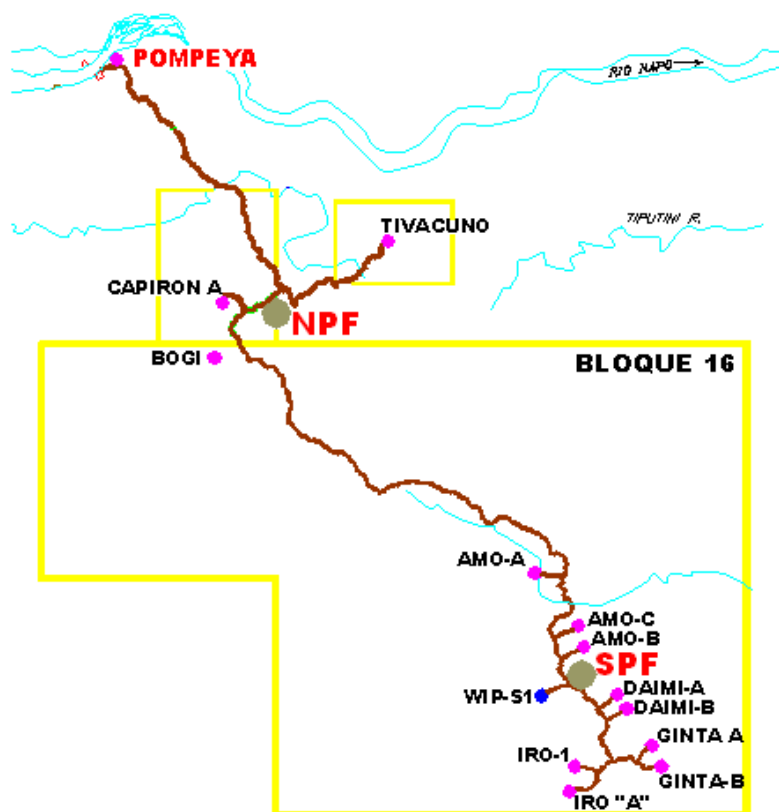


Gráfico 2.2: Plataformas de producción Bloque 16.

1. Facilidad de producción Sur SPF

La arquitectura actual de la Facilidad de Producción del Sur “SPF”, consta de un PLC para cada plataforma de producción, al cual están conectados los sensores que miden principalmente las variables de volumen, presión y temperatura. Adicionalmente existen controladores Control Logix y un Micrologix por medio de una red Ethernet, los cuales en conjunto con los PLCs son parte del sistema SIS (Sistema integrado de Seguridad). El SIS se define como un sistema compuesto por sensores, lógica y elementos finales que realizan una Función Instrumentada de Seguridad SIF. La Función Instrumentada de Seguridad SIF, es una función lógica que mediante un sistema instrumentado, permite alcanzar o mantener el estado seguro de un proceso, en caso de que exista una desviación peligrosa de una variable del proceso [1]. Por lo tanto existe un cuarto de control con una

estación de ingeniería con el sistema Plantscape R500 de Honeywell para el monitoreo y servidores del sistema SCADA como se observa en el gráfico 3.1.

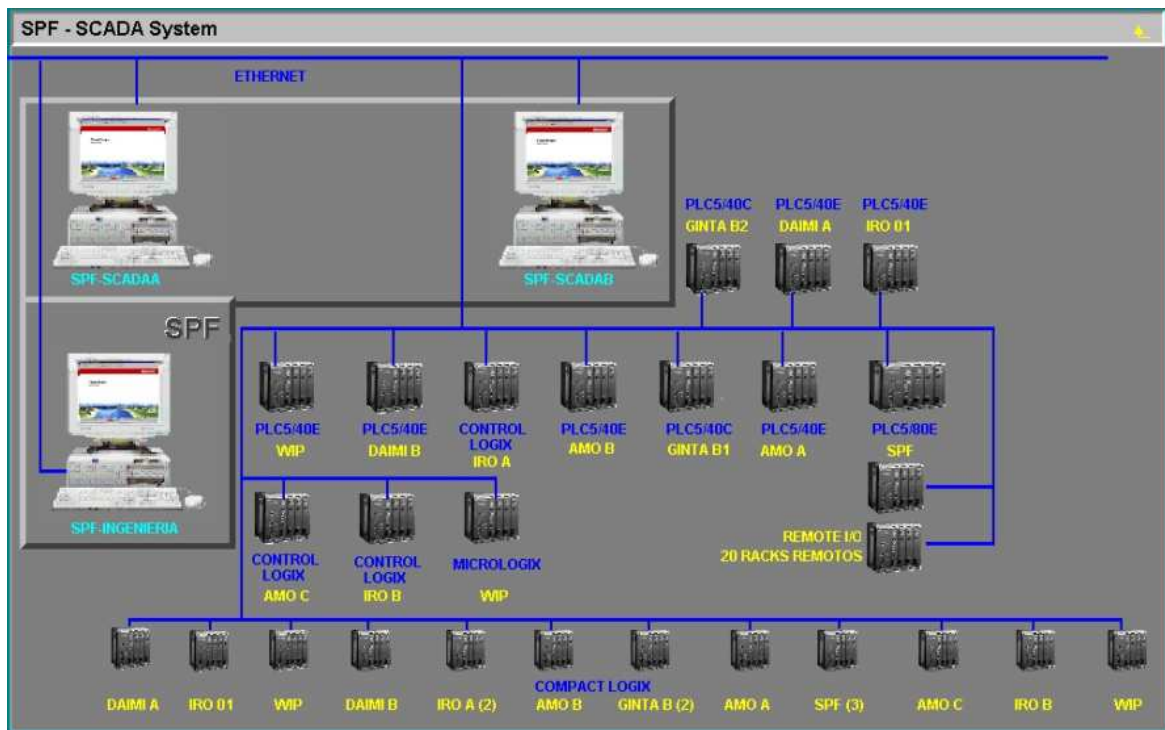


Gráfico 3.1: Arquitectura SCADA del SPF

Una parte importante de la arquitectura de SPF es que posee un Sistema Distribuido de Control “DCS” (Distributed Control System), el cual realiza todas las funciones de control en SPF dejando de esta manera que el sistema SCADA sólo realice monitoreo. En cuanto al sistema distribuido de control DCS, éste posee una estación de ingeniería y dos estaciones de operación, además existen 2 controladores en forma redundante y una red de comunicación también redundante donde convergen todas las estaciones del sistema.

Es así que la manera de funcionamiento de las capas de protección en las facilidades de producción consiste en tres partes principalmente: un nivel normal donde se encuentra el nivel de producción y la facilidad de producción trabaja normalmente; Un segundo nivel donde se activan las alarmas de alto nivel y el

operador toma acción. En el caso de SPF lo realizaría por medio del DCS; y el tercer nivel el cual es el punto de disparo donde entra en acción el SIS, el cual dependiendo de las alarmas puede apagar una sección de la planta o toda la planta para mantener todo el proceso seguro, se lo observa en el gráfico 3.2.

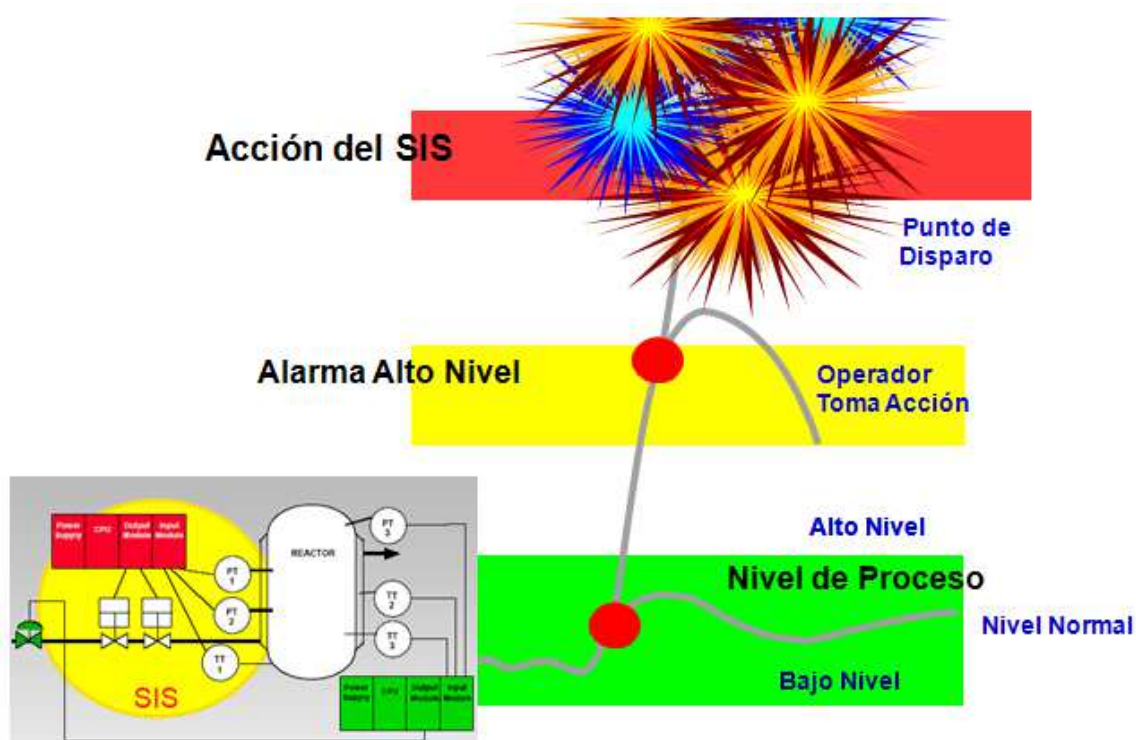


Gráfico 3.2: Capas de protección en las facilidades de producción.

2. Facilidad de producción Norte NPF

El sistema SCADA de NPF es un poco más pequeño que el de SPF pero con una gran diferencia ya que en NPF el SCADA realiza control y monitoreo. La arquitectura posee varios PLCs con sus respectivos sensores e instrumentación para medir presión, volumen y temperatura de los campos de NPF, igualmente existen controladores Control Logix conectados en Ethernet para ser parte del Sistema Integrado de Seguridad SIS. El cuarto de control posee dos servidores con el sistema Plantscape R500, una estación de ingeniería y dos controladores

C200 de Honeywell en forma redundante como se observa en el gráfico 4, la red del cuarto de control es una Controlnet tanto a nivel de servidores y de los controladores C200 y la conexión con la demás instrumentación por medio de los racks. Es así que desde este cuarto se realizan las funciones de monitoreo y control del campo de producción NPF. Algo característico de las dos arquitecturas tanto de SPF como de NPF es que poseen controladores Compact Logix asignados a pozos que ya poseen un PLC u otro controlador, esto se debe a que los Compact Logix se los ocupa para obtener información diferente a presión, volumen o temperatura. En estos controladores se recoge la información de un SCADA eléctrico, por lo cual son variables como voltaje, potencia, corriente, entre otras. Lo cual no influye en el SCADA de procesos el cual se desea actualizar.

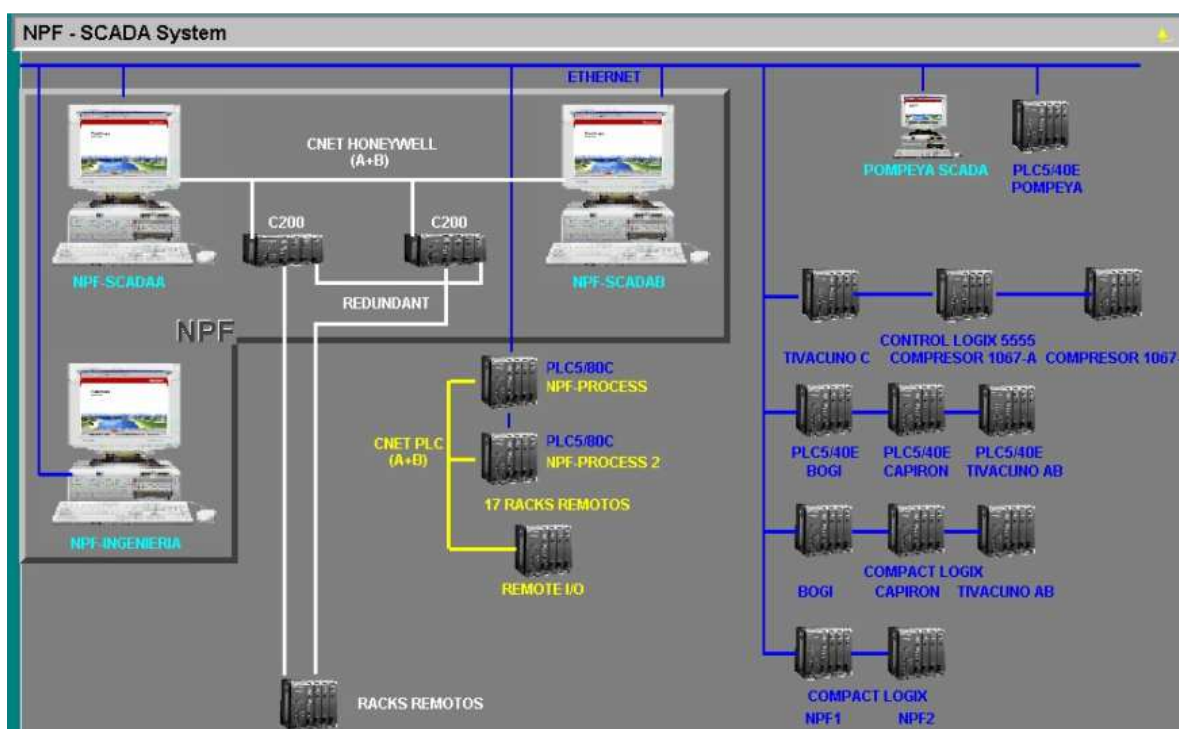


Gráfico 4: Arquitectura sistema SCADA NPF

3. Estación Shushufindi

Es una estación de Bombeo del crudo hacia el OCP al igual que en las anteriores arquitecturas posee un PLC para la distinta instrumentación, dos controladores Control Logix redundantes un controlador C200 de Honeywell y dos servidores, todo en una red Controlnet redundante, la arquitectura se la puede apreciar en el gráfico 5.

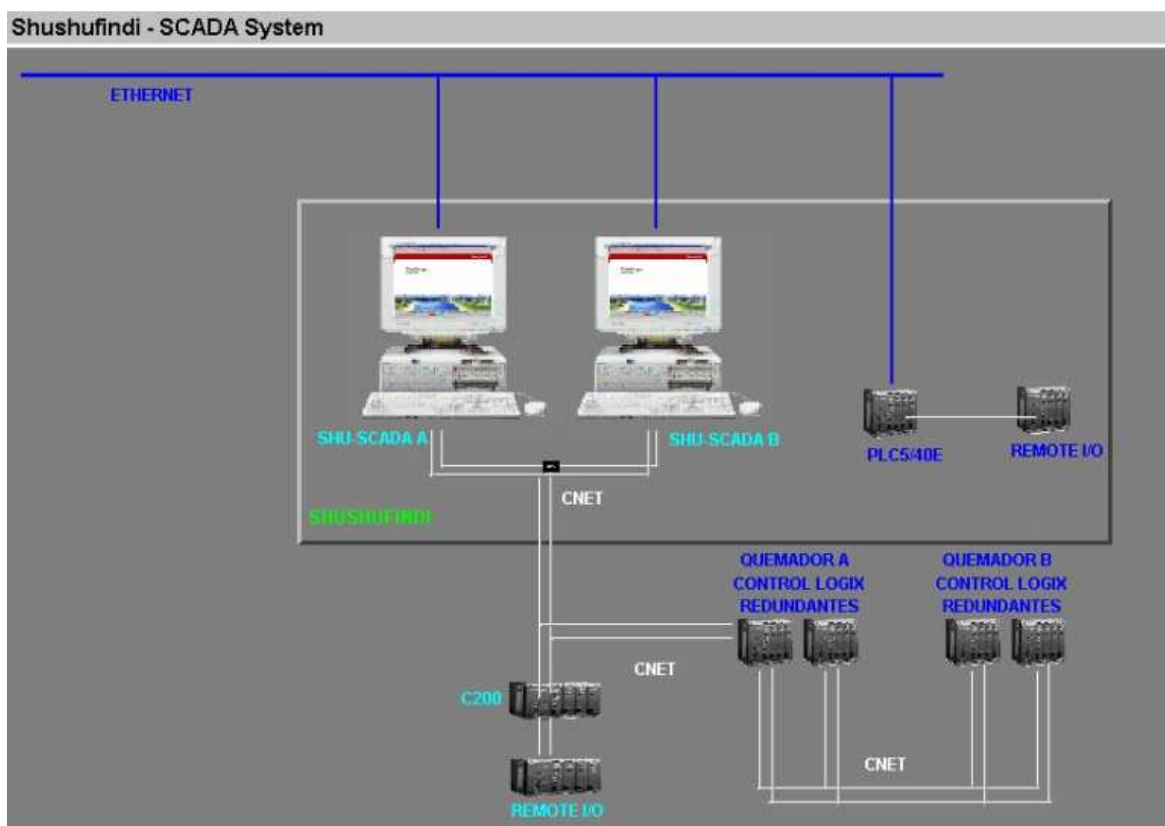


Gráfico 5: Arquitectura sistema SCADA Shushufindi

B. Puntos Críticos del sistema

Basándose en las arquitecturas de las dos facilidades de producción como son el campo norte del bloque 16 NPF, el campo sur SPF y la estación de bombeo Shushufindi, se considera la arquitectura más crítica y la que debería ser mejorada la correspondiente al cuarto de control de NPF, debido a que si se

tuviera falla en este nivel, se quedaría sin control la producción del campo NPF. Acorde a los datos del “Estudio de Riesgos Hazzid” adjuntados en el Anexo 1, los efectos que se pueden suscitar al no tener control ni monitoreo en NPF, pueden producir graves pérdidas de producción, parada del sistema de transferencia de crudo, inyección de agua, sistema de gas y aceite térmico.

Adicionalmente como se observó en la arquitectura de NPF el sistema realiza control y monitoreo, lo que no sucede en SPF donde el SCADA sólo cumple la función de monitoreo y el control lo realiza un DCS el cual puede suplir las funciones de control para esa facilidad evitando que se produzcan paras de producción.

En cuanto a la red de comunicación utilizada en el cuarto de control de NPF es una red Controlnet la cual presenta algunos inconvenientes, siendo el principal que la interfaz de comunicación entre los controladores C200 y los servidores ya no se consigue por lo cual está descontinuada y se está volviendo obsoleta, siendo necesario cambiar la red de comunicación a una actual para poseer total compatibilidad, velocidad y seguridad entre los servidores y los controladores C200. Debido a que si existiera una falla a este nivel, la Facilidad de Producción del Norte NPF se quedaría sin monitoreo de las operaciones. Adicionalmente los servidores actuales funcionan con un sistema operativo W2000, por lo cual sería necesario actualizarlos para que no estén descontinuos y pueda funcionar todo el nuevo sistema de una manera segura y no se susciten fallas debido a elementos que pueden ser reemplazados para brindar una total confiabilidad al sistema.

C. Determinación de la mejor opción para la actualización del SCADA en NPF.

En base a lo anteriormente expuesto lo más crítico es reemplazar los servidores del cuarto de control de NPF y la red de comunicación Controlnet, que se posee con los controladores C200. Sin dejar de lado que al mejorar los servidores estos tengan total compatibilidad con la facilidad de producción del sur SPF y con Shushufindi para la observación de distintas variables como se lo puede hacer en la actualidad. Como se presentó, se desea migrar del sistema PlantScape Process R500 de Honeywell a Experion de Honeywell. Lo óptimo sería migrar a la versión Experion R311.2 que es la versión más actualizada pero siempre y cuando exista total compatibilidad con el sistema PlantScape R500 que se sigue usando en SPF y Shushufindi. Basándose en los requerimientos expuestos existen tres diferentes soluciones para la actualización del sistema SCADA del cuarto de control de NPF, que se exponen a continuación:

- 1) Reemplazo de los servidores en el cuarto de control de NPF, con el software Experion R200 y compatibilidad con SPF y Shushufindi.
- 2) Reemplazo de los servidores en el cuarto de control de NPF actualizados con Experion R311.2 y una pantalla remota para cada locación con hasta 50 puntos de intercambio OPC para visualización de variables y licencia OPC temporal.
- 3) Reemplazo de los servidores en el cuarto de control de NPF actualizados con Experion R311.2 y mantener la estación actual con PlantScape R500 para tener total compatibilidad y observación de variables con Shushufindi y SPF.

La primera opción la cual propone una migración al sistema Experion R200 tiene la principal ventaja de ofrecer compatibilidad con SPF y Shushufindi. Pero las desventajas son varias como que la versión de Experion no es la última en el mercado por lo que se puede discontinuar rápidamente, así mismo la compatibilidad ofrecida no es total por lo cual ciertas variables no podrán ser observadas. Adicionalmente la licencia de PlantScape R500 permite visualizar puntos de un sistema como puede ser de SPF en otro, por ejemplo NPF. Este sistema de comunicación es la tecnología llamada *DSA – Distributed System Architecture* que se explica en la opción número tres. En la guía “Experion Server and Client Planning Guide” se indica que para mantener la funcionalidad de DSA es necesario que los sistemas sean de la misma versión o con diferencia de hasta una versión [4]. Es decir que para poder utilizar esta tecnología es necesario que la comunicación se realice entre PlantScapeR500 y la versión siguiente que es Experion R100, por lo cual no se podrá realizar DSA para la comunicación entre las distintas estaciones. Las principales diferencias entre Experion R200 y Experion R311.2, las versiones más recientes están expuestas en la tabla 1 a continuación:

Descripcion	Experion R200	Experion R300
Ethernet tolerante a Fallas	si	si
Controlnet	si	no
Servidores en W2000	si	no
Intercambio reportes con EXCEL	si	si
Estaciones XP	si	si
Servidores en W2003	no	si
Redundancia y Disponibilidad	si	si
Historizacion y manejo de tendencias	si	si
Superar problemas de obsolescencia de equipos	si	si
Soporta mas de un punto de falla	si	si
Escalable	si	si
Experion PKS	si	si
Sistemas de Simulacion, ShadowPlant	no	si
Sistemas de Simulacion con W2000	si	no
Deterministico	si	si
Proteccion adicional en internet con un firewall el cual no permite ataques al servidor	no	si
Un nuevo Back up and Restore el cual permite una recuperacion automatica a desastres, reduciendo el tiempo de restauracion de todo el sistema a tan solo horas	no	si
Mejora operaciones de los procesos disminuyendo sucesos de encendido y apagado con mejoras en los procesos de trabajo	no	si

Tabla 1: Matriz de comparación entre Experion R200 y Experion R300

Como se observa el sistema Experion R200 es un sistema en proceso de discontinuación por lo que no permite varias funciones importantes como son servidores en W2003 o sistemas de simulación, los cuales son muy útiles al momento de probar lazos de control y no tener que realizar las pruebas en las instalaciones arriesgándonos a posibles fallas en el sistema. Es por estas ventajas que es recomendable realizar la migración al último sistema, Experion R311.2 con lo cual las dos opciones restantes podrían ser las adecuadas para la realizar la migración, las opciones dos y tres difieren un poco principalmente en la parte de la observación de las distintas variables tanto de SPF y Shushufindi.

Así la segunda opción propone la colocación de una pantalla remota para cada locación con hasta 50 puntos de intercambio OPC para visualización de variables y licencia OPC temporal. Esta opción propone la observación de variables por

medio del proceso de comunicación OPC (OLE for Process Communication), esta es una tecnología de protocolos de alto nivel para el desarrollo de aplicaciones de software interoperable en sistemas distribuidos para el control y monitoreo de plantas industriales [3]. Por lo cual da la posibilidad que diferentes fabricantes puedan trabajar sin que se presenten conflictos entre ellos, dando la facilidad para que cada compañía cree sus propias aplicaciones de medición y control que mejor se adapten a cada caso, sin tener que depender de una sola marca de equipos. En esta opción todo el cuarto de control de NPF estaría en Experion R311.2 por lo cual existe cierta posibilidad de que algunas variables y pantallas que se podían observar con Plantscape R500 no se las pueda visualizar y el tiempo de actualización de las variables sea un poco alto por lo que no se podría observar los distintos puntos en tiempo real. Una característica importante de la comunicación por medio de OPC es que es un trabajo de configuración, que conlleva realizar pruebas FAT (Pruebas de Aceptación en Fabrica) y SAT (Pruebas de Aceptación en Sitio), las cuales originarían demoras en la puesta en marcha de las distintas estaciones, acorde a bases y criterios de diseño de "Incopro" compañía de instrumentación y control de procesos. Y una de las prioridades del proyecto es minimizar el tiempo de la actualización para que no existan paradas de la planta muy extensas.

La opción número 3 propone una estación nueva con el sistema Experion R311.2 y conservar la actual estación con Plantscape R500, donde no habría ningún problema para la visualización de las variables de SPF y Shushufindi. Siendo la principal ventaja que se va separar el control y monitoreo, que se lo realizaba en conjunto por medio del sistema SCADA en NPF. De esta manera el sistema

SCADA ya solo realizaría exclusivamente monitoreo, que es su función principal, por medio de la actual estación con Plantscape R500, mientras todo el DCS (Distributed Control System) pasaría a estar en Experion R300 es decir todo el control, simulando a la Facilidad de Producción del Sur SPF donde el control y el monitoreo son independientes. Ya que como se expuso en los puntos críticos del sistema en la parte B del capítulo 3, una falla en el sistema de control puede ser muy grave llevando a la Facilidad de Producción del Norte NPF a una para de planta, lo cual provoca grandes pérdidas para la empresa. Una ventaja importante es que se puede aprovechar el sistema de comunicación con otros cuartos de control como puede ser el caso de SPF, utilizando la tecnología DSA (Distributed System Architecture) de Honeywell. Está tecnología permite integrar procesos cuando existen distintas unidades, cuartos de control y están geográficamente distribuidos. Así mismo clientes conectados al servidor Experion pueden acceder globalmente a datos, alarmas, alertas, historiales y mensajes interactivos de las operaciones de control [5].

Igualmente DSA puede ser usado para transferir datos entre distintas estaciones o a un cuarto central de control como se observa en el gráfico 6. Permitiendo integrar los distintos sistemas con una seguridad óptima y totalmente compatibles con su propia autonomía, evitando manejar múltiples sistemas aislados.

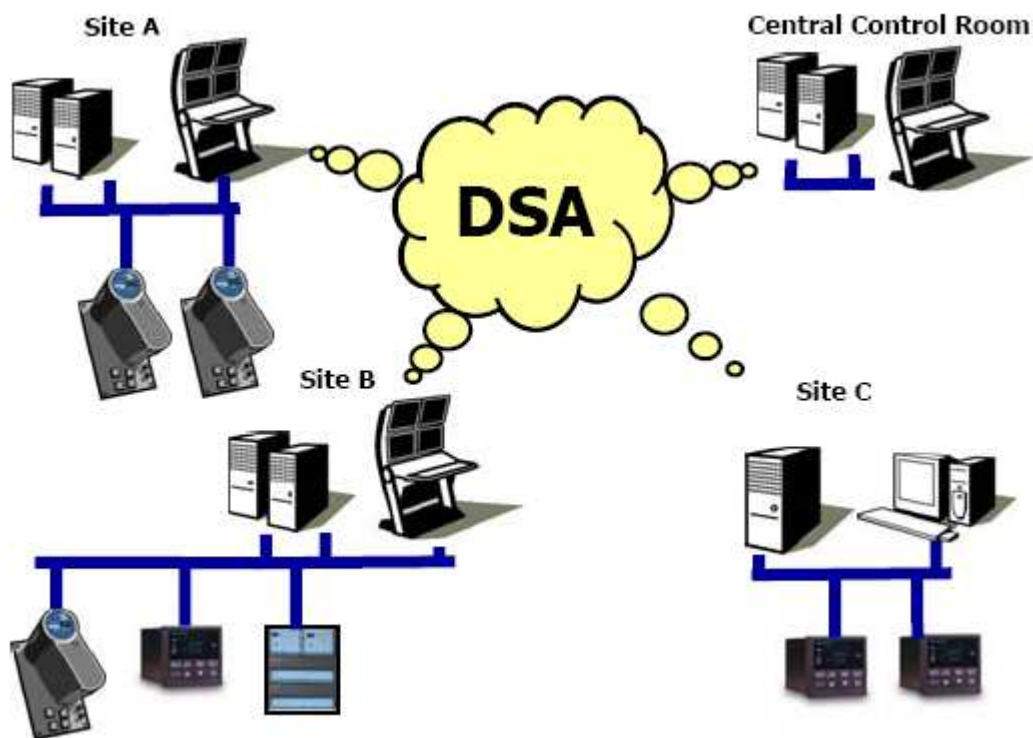


Gráfico 6: Tecnología DSA puede ser usada para transferir información entre distintas estaciones o a un cuarto de control central.

Otra ventaja de poder utilizar la tecnología DSA, es que es desarrollada específicamente por Honeywell con mejoras para ser usada con Experion R311.2, permitiendo que la red sea totalmente escalable, es decir que permite crecer a la red. Así mismo integra todos los procesos de control en una sola arquitectura lo que elimina costos de operación y mantenimiento de múltiples sistemas. Entre las mejoras para Experion R311.2 es que permite reconocer condiciones marginales y de falla basadas en límites definidos por el usuario para poder avisar al operador que un controlador está con error o que existe alguna falla en el sistema.

Así la opción 3 propone dos estaciones como clientes con una licencia rotativa de Experion R311.2 entre las dos, una estación estará en SPF y la otra en

Shushufindi y podrán acceder en cualquier momento al servidor el cual estará en NPF para poder observar las variables, siempre y cuando no sea simultáneamente. Mientras tanto desde NPF se podrán observar las variables de las otras estaciones por medio de PlantscapeR500 como se lo hace actualmente, cabe recalcar que esta es una solución temporal ya que en el futuro se piensa migrar a ExperionR311.2 tanto Shushufindi como SPF.

Por lo que al observar las distintas opciones la más acorde a las necesidades de SPF sería la opción numero 3, debido principalmente a que separa el control y monitoreo y también se tiene total compatibilidad con Shushufindi y SPF, reutilizando la mayoría de equipos disponibles.

IV. Desmontaje del Actual Sistema SCADA

A. Arquitectura a Realizarse en NPF.

La arquitectura actual de NPF la cual posee dos servidores con el sistema Plantscape R500 en el cuarto de control, un cliente de Plantscape R500 en Pompeya y un cliente en la estación de ingeniería como se observa en el gráfico 7, el cual fue la base para poder realizar la nueva arquitectura con el nuevo sistema Experion R311.2. Principalmente se utilizó el diseño de la arquitectura actual para así poder reutilizar los controladores, servidores y clientes que se puedan integrar para poseer total compatibilidad con el sistema Experion que se implementara en NPF y el sistema Plantscape R500 de SPF y Shushufindi.

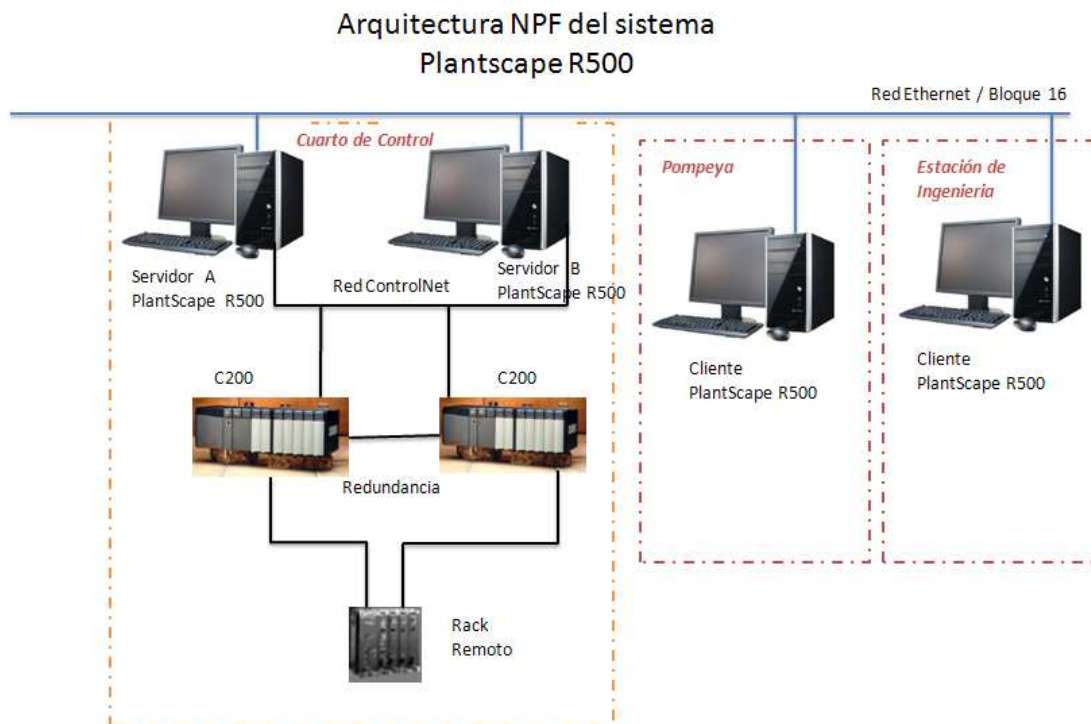


Gráfico 7: Arquitectura del sistema PlantScapeR500 de la Facultad de Producción del Norte (NPF).

Es así que en conjunto con la arquitectura del gráfico 7 y fundamentándose en la opción 3 antes escogida, donde se va a reemplazar los servidores del cuarto de control de NPF y actualizarlos a Experion R311.2 con una red FTE, manteniendo la estación de ingeniería con PlantscapeR500. Se diseñó primeramente el cuarto de control de NPF el cual cambiará la red ControlNet a FTE. Para este diseño se usó los parámetros y arquitecturas basadas en los manuales de Honeywell:

- Fault Tolerant Ethernet Delivers Robust Networking Solution for Experion PKS
- ExperionR310 Fault Tolerant Ethernet.

Por lo tanto en el cuarto de Control de NPF los dos servidores con PlantscapeR500 serán reemplazados con dos servidores con ExperionR311.2.

Seguidamente la red ControlNet será reemplazada por una Red FTE. Esta es la red de control para el sistema EXPERION, la cual provee distintos caminos de comunicación entre los nodos de la red, permitiendo que una red FTE sea tolerante a todas las fallas individuales y algunas múltiples fallas que se susciten en la red [6].

La gran ventaja de la red FTE para poder ser tolerante a fallas es su topología la cual provee 2 árboles paralelos de switches los cuales están conectados en la parte superior de la topología lo cual permite distintos caminos [7]. En una red FTE cada nodo que puede ser una computadora, plc o un RTU (Remote Terminal Unit), está conectado a un par de switches en cada nivel de la red como se observa en el gráfico 8, esto para maximizar el tiempo de respuesta lo cual es algo prioritario para la actualización que se va a realizar en NPF y adicionalmente esta red también acepta nodos en Ethernet en caso de ser necesario expandirla.

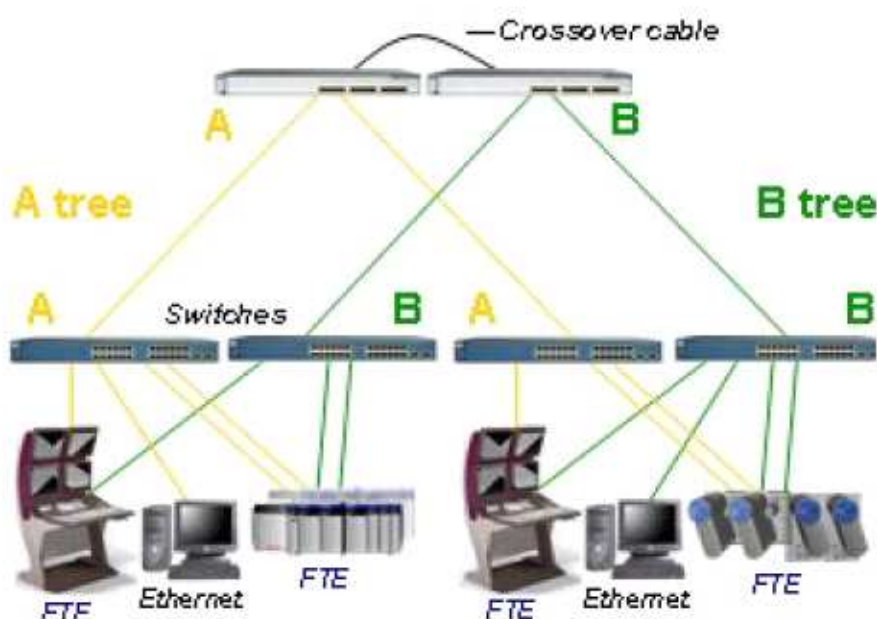


Gráfico 8: Topología típica de una red FTE.

Pero para el caso de la Facultad de Producción del Norte NPF la topología a implementarse es más pequeña que la del gráfico 8, al ser básicamente sólo dos servidores, sus clientes y dos controladores C200. Es por esto que el diseño se basó en la topología mínima para una red FTE del manual “Experion310 Fault Tolerant Ethernet” la cual esta a continuación en el gráfico 9.

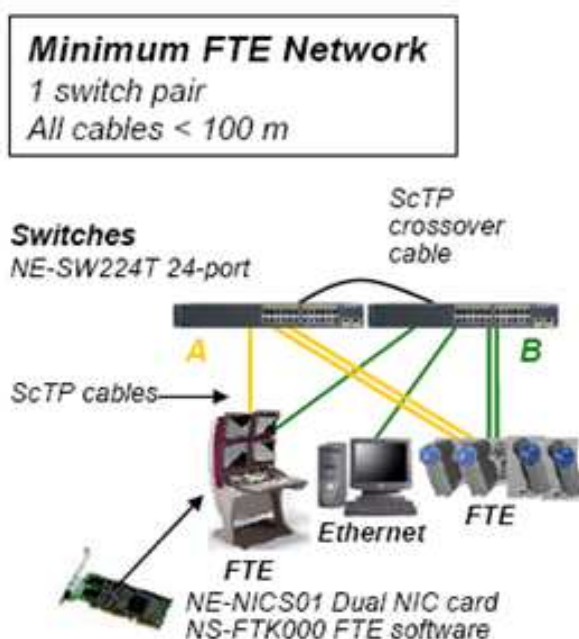


Gráfico 9: Topología mínima para una Red FTE.

Es así que en base a los ejemplos de arquitecturas de Honeywell y sus parámetros la arquitectura de la red FTE para NPF es la siguiente.

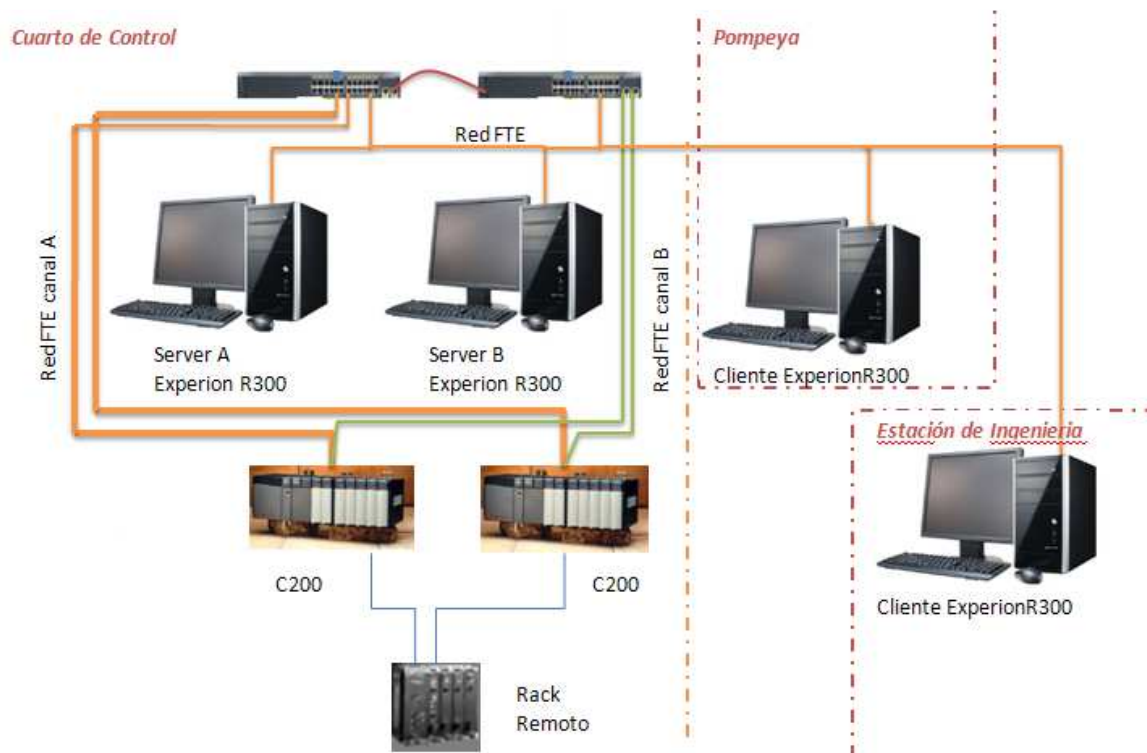


Gráfico 10: Topología de la Red FTE para NPF

Como se puede observar se respetó los principales criterios de diseño como son que para ser una red FTE, se necesita mínimo dos Switches y dos canales de comunicación, como son los canales A y B entre los Servidores y los controladores C200. Así mismo los dos Switches están interconectados con un cable Crossover para tener varios caminos y poder ser tolerante a fallas. Adicionalmente en la topología del gráfico 10, se tienen los dos servidores del cuarto de control en Experion R311.2 y sus clientes los cuales son uno en Pompeya y uno en la estación de ingeniería de NPF los cuales serán nuevas máquinas al compararlo con la antigua arquitectura del gráfico 7, pero la nueva arquitectura no está completa todavía ya que falta poder tener compatibilidad con SPF y Shushufindi. Para lo cual se tomará en cuenta lo antes recomendado en la

opción 3 para la actualización lo cual es conservar una estación con PlantscapeR500 y reutilizar todos los equipos que se puedan.

De esta manera el cliente con PlantScapeR500 de la estación de ingeniería de NPF se conservará tal cual y se lo configurará para que tenga acceso a todas las variables de las estaciones de SPF y Shushufindi. Mientras que el cliente con PlantScapeR500 de Pompeya se lo trasladará al cuarto de control de NPF y se colocará una nueva estación de ingeniería en Pompeya con ExperionR311.2 quedando la arquitectura de la siguiente manera como en el gráfico 11.

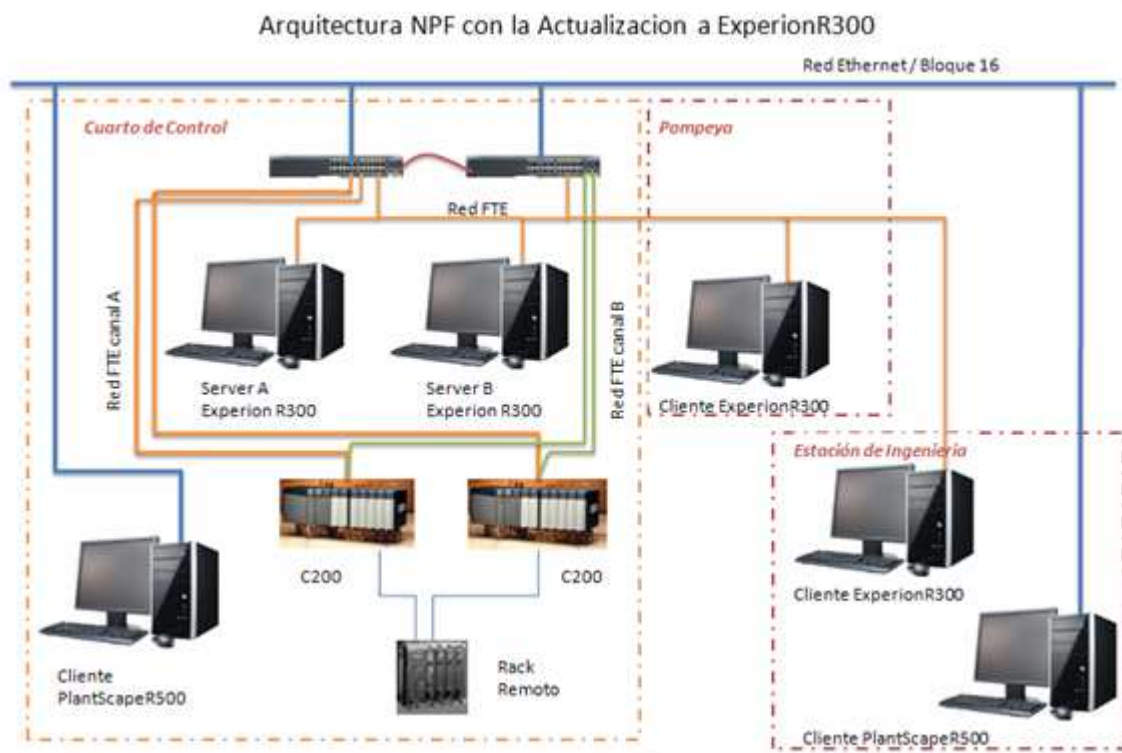


Gráfico 11: Arquitectura de NPF con la actualización a Experion R300.

Para finalmente poder integrar la nueva arquitectura con las arquitecturas de NPF y Shushufindi. Es así que para leer las variables y puntos necesarios de NPF en la estación de SPF se colocará un cliente con Experion R311.2, el cual será el

servidor A de la arquitectura actual con PlantScapeR500 de NPF (gráfico 7). Es así que el servidor A, será trasladado a SPF para convertirlo en un cliente de Experion R311.2 con licencia rotativa, es decir que puede acceder al sistema solo para observar y consultar variables cuando sea necesario no de manera permanente. Lo mismo se realizará con el actual Servidor B con PlantScapeR500, se lo trasladará a la estación de Shushufindi y se lo convertirá en cliente de ExperionR311.2 con licencia rotativa para poder observar los datos de NPF en Shushufindi consiguiendo así una total observación de las variables en toda la red y cumpliendo con los requerimientos necesarios para esta actualización a ExperionR311.2, quedando la arquitectura del bloque 16 de la siguiente manera como en el gráfico 12.

Arquitectura del Bloque 16 con la Actualización a Experion R 300

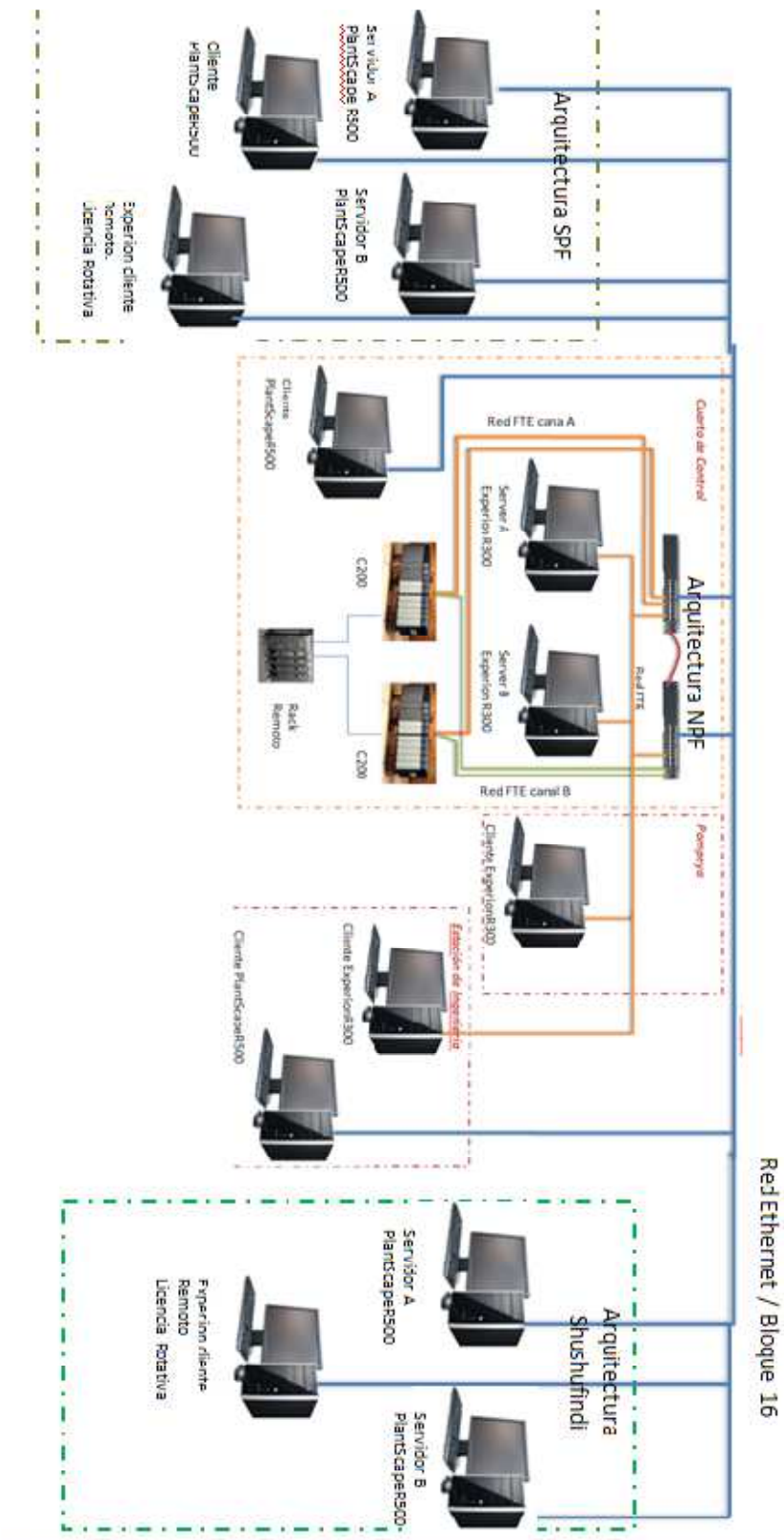


Gráfico 12 : Arquitectura del Bloque 16 con la Actualización a ExperionR300.

Por lo tanto con la nueva arquitectura si desde NPF deseo observar variables y puntos de Shushufindi o NPF, lo puedo hacer desde el cuarto de control de NPF por medio del cliente de PlantScapeR500 o desde la Estación de Ingeniería de NPF con el otro cliente PlantScapeR500. Mientras que si se desea observar las distintas variables de NPF desde las estaciones de SPF o Shushufindi se lo puede hacer por medio de los clientes con ExperionR311.2 correspondientes a cada estación gracias a su licencia rotativa.

B. Equipos y Software Necesario para la migración

El equipo y software necesario está basado en las recomendaciones de la Guía “Experion, Software Installation User’s Guide” de Honeywell con el sistema ExperionPKS R311.2, el cual está anexo en forma digital, así mismo también se fundamenta en la arquitectura del gráfico 12. Adicionalmente la ubicación final de los equipos y estaciones de ingeniería en el cuarto de control de NPF se los realizó sobre los lineamientos de la Guía “Experion Site Planning Guide”. Por lo cual el cuarto de control de NPF quedaría como en el gráfico 13.

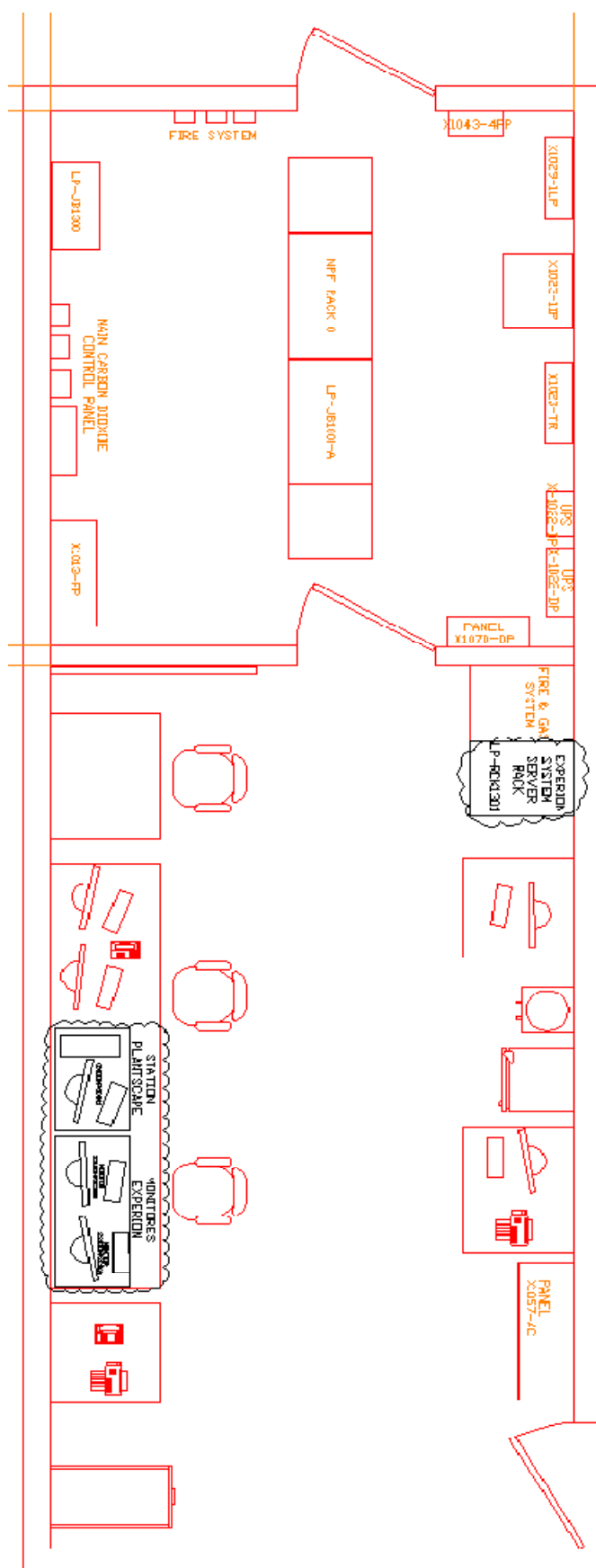


Gráfico 13: Arquitectura de la Ubicación de equipos en el cuarto de control de NPF.

Las computadoras a utilizarse son equipos marca DELL que se encuentran homologados y certificados por Honeywell, acorde a las especificaciones en la siguiente matriz de compatibilidad para los servidores del sistema Experion PKS R311.2, Tabla 2.

Honeywell Computer Platforms Based on:																
	Dell PE1400 Server	Dell PE1400S C Server	Dell PE1600S C Server Dual CPU non-RAID	Dell PE1600S C Server Single CPU RAID1	Dell PE2600 Server (Note 1 and Note 2)	Dell PE1800 Server Dual CPU non-RAID	Dell PE1800 Server Dual CPU RAID1	Dell PE2850 Server Dual CPU RAID5 (Note 3)	Dell SC1430 Server Dual CPU non-RAID	Dell PE2900 Servers RAID5 Tower or Rack Mnt	Dell PE2950 Servers RAID5 Rack Mnt Only	Dell PE2900 III Servers RAID5 Tower or Rack Mnt	Dell PE2950 III Servers RAID5 Rack Mnt	Dell T610 Servers RAID5 Tower or Rack Mnt	Dell R710 Servers RAID5 Rack Mnt Only	Dell T105 Server (Notes 6&7)
EPKS Rel.																
R210/R211	ACE/SCE	ACE/SCE	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	Not supported	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	Not supported	Not supported	Not supported	Not supported	Not supported
R30x	Not supported	Not supported	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	Not supported
R31x	Not supported	Not supported	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE	ACE/SCE ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ACE-T ESV ESVT	ACE/SCE ESV R310.2 & up

Tabla 2: Matriz de compatibilidad de equipos Dell y el sistema Experion.

Por lo tanto los servidores a utilizarse serán equipos Dell Power Edge R710 y los clientes serán equipos Dell Precision T3400, acorde a la tabla Experion HS R310 Specification Summary adjunta en el Anexo 2. En cuanto al sistema operativo será Windows 2003 Server Standard Edition Service Pack 2 para los Servidores y Windows XP Professional Service Pack 2 para los clientes los cuales vienen incluidos con los equipos. Adicionalmente se necesitará un rack ya que los servidores principal y redundante del sistema Experion vienen listos para ser empotrados en un rack, el mismo que también se usara para colocar los switches de la red Ethernet.

En cuanto a la red FTE se necesitaran dos FTE Bridge Modules para poder integrar los controladores C200 con los nuevos servidores por medio de los puntos FTE acorde a la guía “Experion PKS Fault Tolerant Ethernet Bridge

Implementation Guide”, tal proceso se lo realizará como se indica en el gráfico 14, para implementar el nuevo módulo al controlador C200.

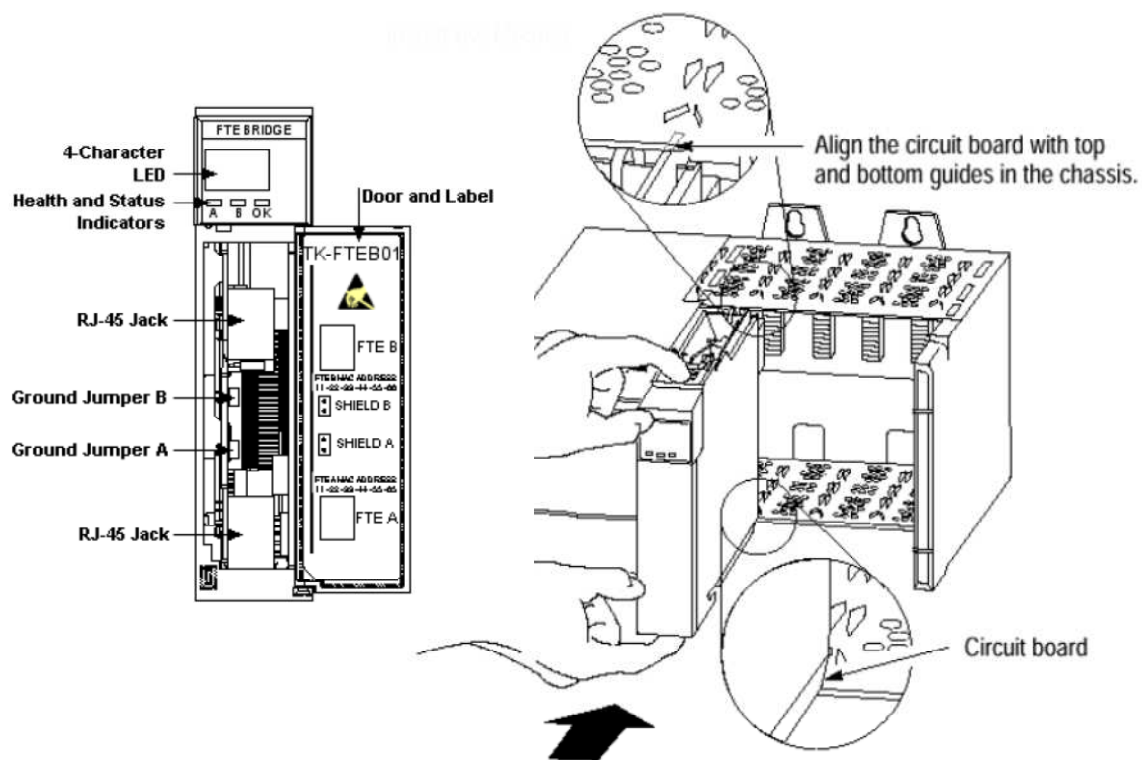


Gráfico 14 : Implementación del FTE Bridge Module en el controlador C200.

Los dos switches para la red FTE son los recomendados por la guía “Experion 310 Fault Tolerant Ethernet”. Los cuales son switches marca Cisco de 24 puertos modelo NE-SW224 como los del gráfico 15. Adicionalmente se necesita las tarjetas de red duales tanto para los server y para los clientes por lo cual se necesitan 4 las cuales son Dual Network Interface Controller (NIC) acorde a la misma guía Experion 310 y se las observa en el gráfico 16 [6].

Switch with 24 Ports, 2 T Uplinks



NE-SW224T	
Model	Cisco Catalyst™ 2960-24TT-L*
Number of Ports	24 100/100BASE-T ports; 2 10/100/1000 BASE-T uplink ports
Connector Type	RJ-45
Power	100-240 VAC (auto-ranging), 50-60 Hz
Operating Temperature	0 to 45°C (32 to 113°F)

* For further information, see Cisco data sheet.

Gráfico 15: Switch de 24 puerto NE-SW224T

Dual Network Interface Controller (NIC)



NE-NICS01 Specifications	
Model	Intel® PRO/1000 MT Dual Port Server Adapter
Number of Ports	2 10BASE-T / 100BASE-TX
Wiring and Connectors	CAT-5 copper, 2 pair; two RJ-45

Gráfico 16: Tarjeta dual para la red FTE

Finalmente en cuanto a la red FTE se especifica el tipo de cable a usarse el cual será ScTP (Screened Twisted Pair), el cual consiste básicamente en cable UTP recubierto con blindaje de papel metálico para evitar las interferencias electromagnéticas y el ruido. De esta manera la distancia máxima para este arquitectura y con este cable es de 100m, que puede ser configurado para 10 o 100Mbps según la necesidad del nodo y puede procesar múltiples mensajes [6], distancia y velocidades suficientes para el cuarto de control de NPF.

C. Respaldo de Base de Datos del Sistema Actual y Método de Migración al sistema Experion

Debido que se va a realizar una migración del sistema Plantscape R500 a Experion R311.2, se necesita un respaldo de las bases de datos de todos los equipos que se van a migrar, para lo cual se va a tomar una fecha la cual será considerada “Fecha de Congelamiento” de las bases de datos de los distintos equipos que participarán de la migración como son los controladores C200 y los servidores y clientes que serán reutilizados para la nueva arquitectura. Por lo tanto cualquier cambio realizado después de la Fecha de Congelamiento se perderá en el proceso de migración. Así mismo se contempla que el respaldo de las Bases de datos abarca todo lo que tiene que ver con pantallas, reportes, tendencias y demás información actual de los distintos procesos del sistema SCADA con el software Plantscape R500.

En cuanto a la migración se la realizará siguiendo los métodos y recomendaciones de Honeywell, la compañía creadora de tanto el software PlantScape R500 como del nuevo software a implementarse Experion R311.2. Honeywell propone el siguiente método basado en anteriores migraciones ya realizadas, el cual consiste en migrar a varios releases intermedios antes de llegar al release deseado Experion R311.2, para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

1. Realizar un respaldo de las bases de Datos SCADA y Process (C200), las cuales deberán ser migradas a ExperionR311.2.

2. Migrar las bases de datos PlantScape R500 a Experion R201 según el procedimiento específico indicado en “EP-DCSX32.PDF - Experion PKS – Software Installation and Upgrade Guide”.
3. Migrar las bases de datos Experion R201 a Experion R211.1 según el procedimiento específico indicado en “EP21006545B - Experion PKS – Software Change Notice”.
4. Migrar las bases de datos SCADA Experion R211.1 a Experion R311.2 según el procedimiento específico indicado en “EP-DSX345 - Experion PKS – R211.1 to R311.2 Scada System: Server and Client Off-Process MigrationSoftwareGuide”.

En el siguiente gráfico se observa de mejor manera el proceso de migración de las bases de datos el cual debe ser realizado tanto para el servidor principal y servidor de respaldo.



Gráfico 17: Pasos para realizar migración de PlantScape R500 a Experion R311.2

Acorde a Honeywell al realizar de esta manera la migración, se obtiene una base de datos libre de errores con test internos de compatibilidad realizados por el mismo sistema durante la migración. Aunque es indispensable realizar una comprobación de que las bases de datos sean las correspondientes por lo cual se realizará una inspección aleatoria de al menos un 20% de los puntos del sistema

con un servidor en PlantScape R500 y un servidores en Experion R311.2, con las bases de datos correspondientes lo cual son las pruebas FAT.

V. Implementación del nuevo hardware y software.

A. Configuración y Montaje de Servidores y Estaciones

Para la configuración de los servidores en primera estancia se procedió a armar los equipos correspondientes los cuales son el servidor principal Dell Power Edge R710 y su respectiva pantalla, al cual se lo actualizó al sistema Experion R201 para seguir las recomendaciones de Honeywell y cargar las bases de datos al servidor, así hasta llegar al sistema deseado ExperionR311.2 como se observa en el gráfico 18 configurándose el servidor principal. Luego se realizó lo mismo con el servidor redundante de las mismas características, este procedimiento se lo llevó a cabo en un laboratorio distinto a donde van a ser implementados los equipos, debido a que en el momento de la instalación en el cuarto de control no exista ningún inconveniente y la para de la planta sea la mínima y lo suficiente para sólo armar los equipos realizar pequeñas pruebas y ponerlos en marcha. Para luego sí comprobar de mejor manera los puntos del SCADA y que no existan fallas en los lazos más críticos, lo cual serán las pruebas SAT.

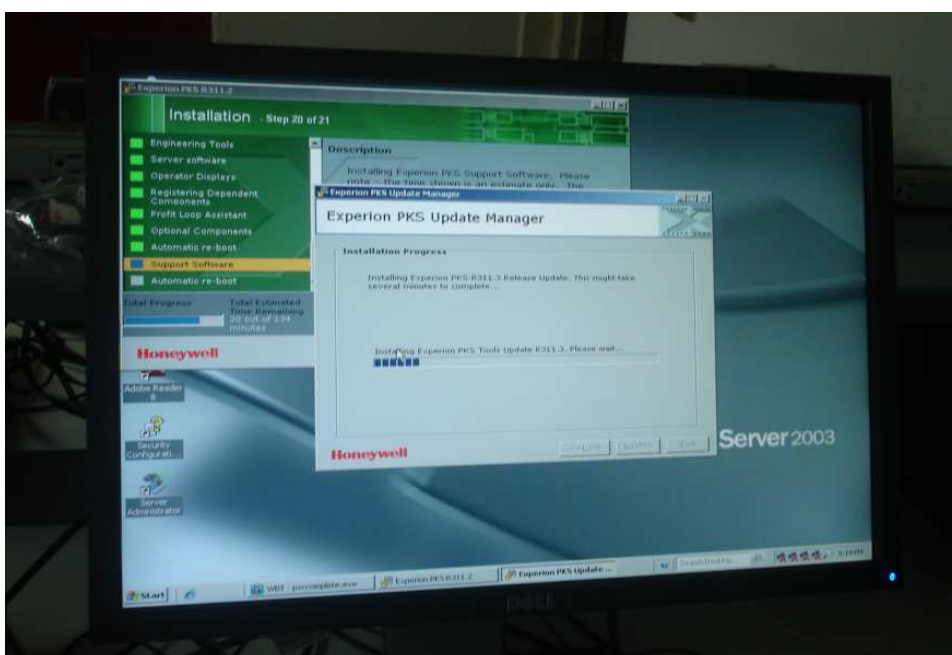


Gráfico 18: Servidor principal siendo actualizado a Experion R311.2

Luego de realizar toda la instalación de los servidores paso por paso hasta llegar a Experion R311.2, se realizó la configuración del sistema a los clientes lo cual incluye las bases de datos con pantallas, reportes, tendencias, que se guardaron en los respaldos hasta la fecha de congelamiento, entre los clientes se

encuentran los equipos a reutilizarse. Algo que cabe destacar es que para cada uno de estos trabajos es necesario solicitar un permiso de trabajo el cual debió ser tramitado un día antes de realizar los trabajos, especificando los posibles riesgos que se pueden suscitar al realizar la configuración del nuevo sistema, para lo cual se debe tener una cierta planificación, para al momento de estar trabajando no exista ningún inconveniente. Adicionalmente como en los servidores se van añadir nuevas tarjetas de comunicación duales para la red FTE, fue necesario obtener nuevos IP que son las nuevas direcciones que van a ser utilizadas por la red FTE a ser colocada en el cuarto de control de NPF. Así se necesitaron dos nuevos IP para cada servidor, mientras que en los equipos que no estaban dentro de la red FTE, como los servidores Plantscape R500 que van a ser usados como clientes con licencia rotativa con Experion R311.2 en SPF y Shushufindi, se usaron los IP actuales que tenían.

Para el montaje de los equipos se lo realizó acorde a la arquitectura mostrada en el gráfico 13, éste es lo que tiene que ver con la colocación de los servidores y el switch que va ser usado para la red FTE en el Rack correspondiente. Es así que primero se realizó el cableado el cual una vez hecho se lo prueba para ver que las conexiones sean las correctas y luego se comprueba el cableado al momento de colocar los equipos. Adicionalmente todas las conexiones eléctricas se realizaron en base a las normas de cableado estructurado emitido en U.S.A. ANSI/TIA/EIA – 606 A, ANSI/TIA/EIA/568-A, ANSI/TIA/EIA/568-B y ANSI/TIA/EIA/569 en donde se especifican regulaciones para el cableado y su colocación. Luego de esto se realizó la acometida eléctrica con su respectiva seguridad como son breakers y relés térmicos para concluir con la energización de los equipos que se van a

colocar en el rack en el cuarto de control de NPF. Un punto importante para este procedimiento es que todos los equipos tanto los servidores como el switch deben estar en racks debidamente colocados para que así en la estación de ingeniería solo se encuentren las pantallas, teclado y mouse para que los operadores puedan monitorear los distintos procesos de la planta quedando los servidores y switches para la red FTE dentro de un rack como se observa en el siguiente gráfico.



Gráfico 19: Parte superior switches para red FTE y en la parte inferior los dos servidores con el nuevo sistema Experion R311.2

B. Pruebas FAT

El procedimiento usado para las pruebas FAT consiste en probar la base de datos modificados de la planta en forma aislada y comprobar el estado de los equipos, todas estas pruebas se las realizará en Windows por lo cual es necesario estar familiarizado con el sistema operativo. Es así que se realizarán pruebas en los dos servidores comparando cada uno de los puntos deseados entre el sistema Experion R311.2 y PlantscapeR500, para poder saber si existieron fallas en el proceso de actualizar la base de datos. Con lo cual se probarán los equipos del sistema a fin de determinar el buen estado de los mismos y que una falla en uno de ellos, no influya en el buen funcionamiento de los demás. Por lo cual se usaron dos computadoras una con el sistema PlantScapeR500 y la otra con ExperionR311.2 para realizar las siguientes pruebas fuera de línea:

Prueba de la base de datos del sistema

En estas pruebas se verifica los parámetros básicos de la configuración de puntos como son: Tagnames, Rangos, Pantallas, Unidades, Configuración y Rangos de Alarmas en el sistema. El número de puntos revisados fue el 20% de los totales y se lo realizó al abrir dichas pantallas comparándolas entre la computadora con PlantscapeR500 y la con ExperionR311.2, como se observa en el siguiente gráfico con una comparación de rangos de alarmas.

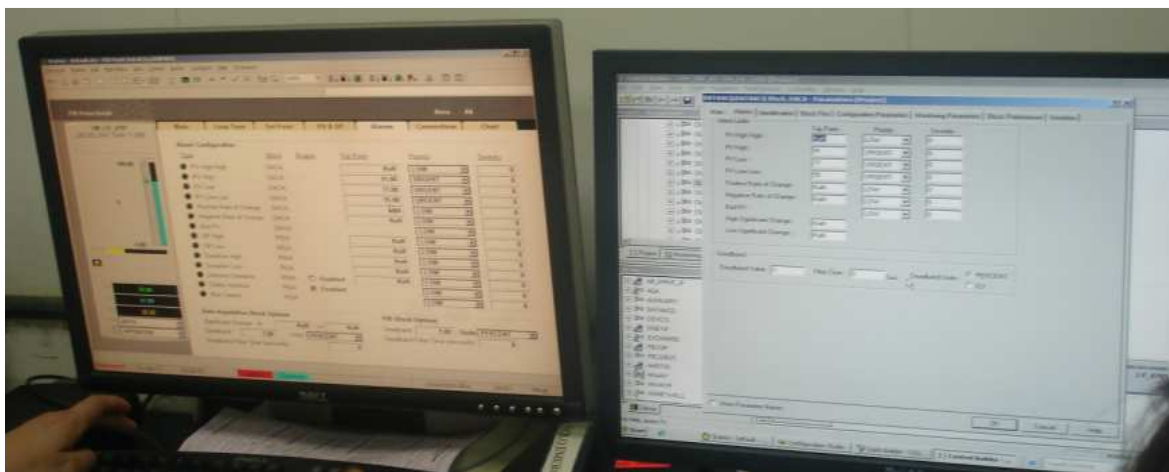


Gráfico 20: Comparación de datos entre el sistema PlantScape (izquierda) y Experion (derecha).

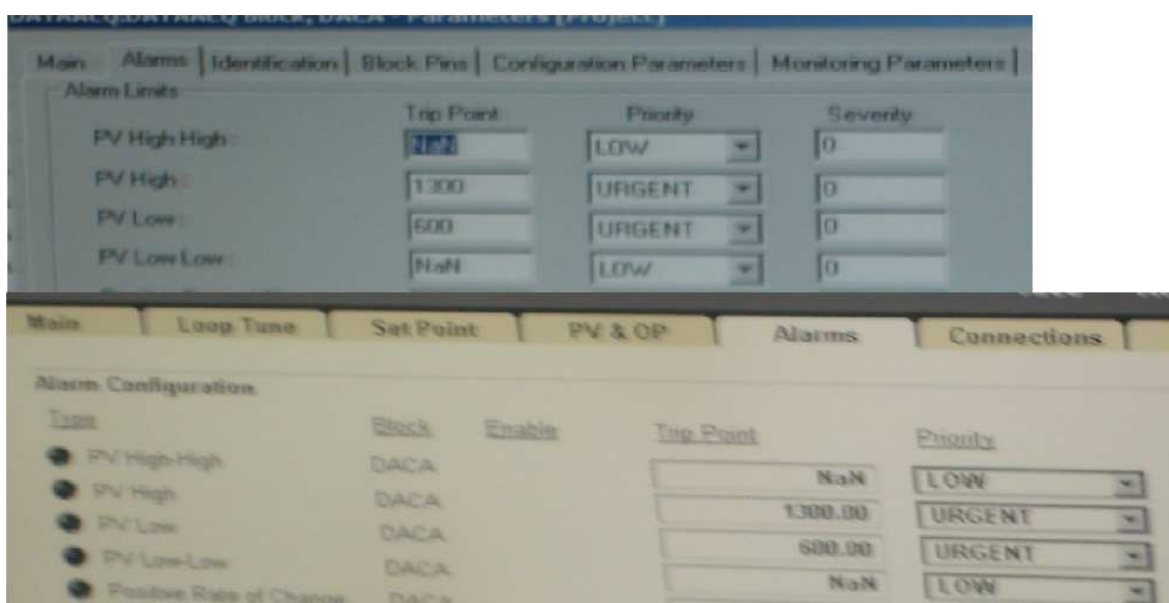


Gráfico 21: Comparación de alarmas, arriba Experion y abajo Plantscape.

Como se observa en el gráfico 20 la pantalla de la izquierda está en PlantScape y la de la derecha en Experion, las dos alarmas están en el mismo rango activadas con el rango PV HIGH 1300 y PV LOW en 600 en el gráfico 21. El principal problema que se tuvo en estas pruebas es que ciertos puntos no estaban registrados y esto se debía principalmente a que los habían aumentado al sistema

después de la Fecha de Congelamiento por lo cual no se los grabó en la base de datos. Otro inconveniente era que los datos no se encontraban en el mismo orden como en PlantScape y era principalmente porque al momento de subir los datos a los servidores no se subían en el mismo orden que se bajaron produciéndose un nuevo orden en los datos.

Pruebas de Esquemáticos

En esta sección se revisarán las pantallas que se presentarán en el sistema Experion R311.2 y sus respectivos enlaces en cada uno de los despliegues comparándolos con el sistema PlantScape R500, el número de pantallas va ser el 20% del total. Se revisará que las variables mostradas estén enlazadas correctamente con el tagname de la base de datos, que todos los textos estén correctamente escritos, que al hacer clic en las válvulas o bombas se llama a la ventana de comandos y tener una pantalla con las mismos enlaces que en Plantscape como en el gráfico 22.

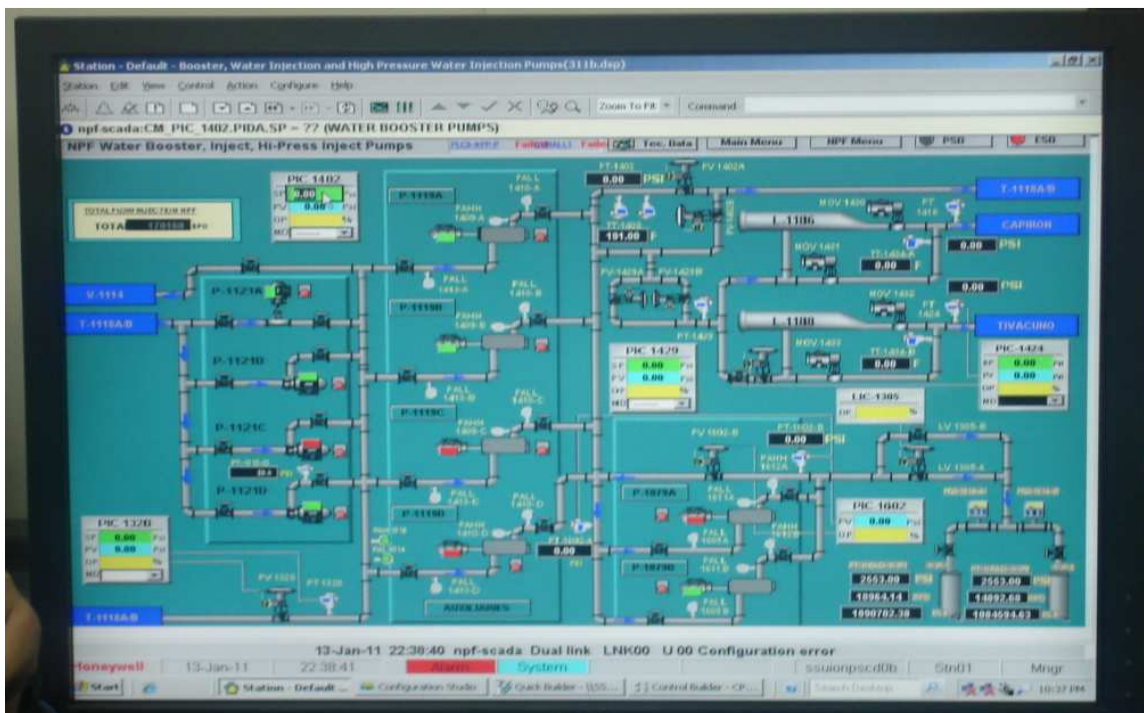
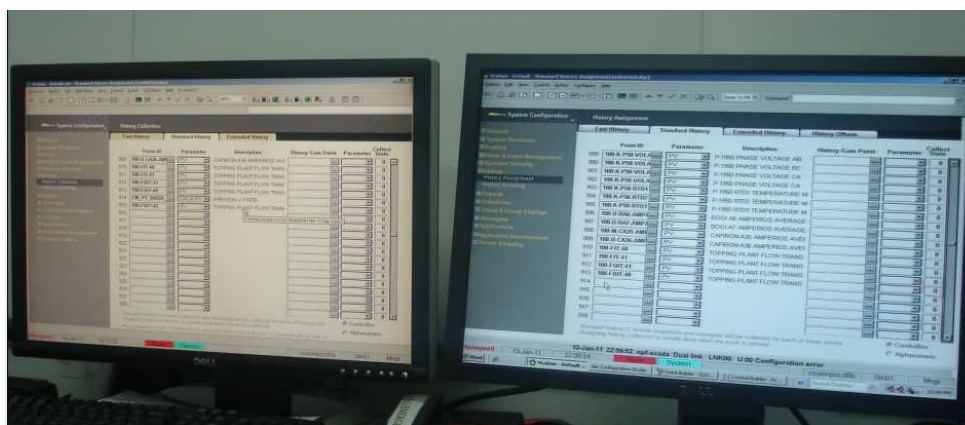


Gráfico 22: Comprobación de enlaces de una pantalla en el sistema Experion R311.2

Pruebas de Historización

En esta parte se van a revisar la historización de ciertos puntos para poderlos comparar entre Plantscape y Experion, para poder identificar si ha existido algún cambio al momento de bajar la base de datos. Esto se lo realizó como se observa en el gráfico 23 de los dos monitores con los historiales.



PlantScape History Collection

Point ID	Parameter	Description	History Gate Point	Parameter	Collect State
909	100-U-CA36-AM	CAPIRON-A36 AMPERIOS AVEI			0
910	100-FIT-40	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
911	100-FIT-41	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
912	100-FOIT-41	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
913	100-FOIT-40	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
914	CM_PT_0402B	PRESION V-1107B			0
915	100-FOIT-42	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
916					0

Experion History Assignment

Point ID	Parameter	Description	History Gate Point	Parameter	Collect State
899	100-K-P50-VOLA	P-1950 PHASE VOLTAGE AB			0
900	100-K-P50-VOLA	P-1950 PHASE VOLTAGE BC			0
901	100-K-P50-VOLA	P-1950 PHASE VOLTAGE CA			0
902	100-K-P50-VOLA	P-1950 PHASE VOLTAGE CA			0
903	100-K-P50-RTD1	P-1950 RTD1 TEMPERATURE M			0
904	100-K-P50-RTD2	P-1950 RTD2 TEMPERATURE M			0
905	100-K-P50-RTD3	P-1950 RTD3 TEMPERATURE M			0
906	100-U-BA6-AMPA	BOGI A6 AMPERIOS AVERAGE			0
907	100-U-BA7-AMPA	BOGI A7 AMPERIOS AVERAGE			0
908	100-M-CA35-AMP	CAPIRON-A35 AMPERIOS AVEI			0
909	100-U-CA36-AMP	CAPIRON-A36 AMPERIOS AVEI			0
910	100-FIT-40	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
911	100-FIT-41	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0
912	100-FOIT-41	TOPPING PLANT FLOW TRAN			0

Gráfico 23: En la Parte superior historial sistema PlantScape y parte inferior sistema Experion

Donde se observa que los historiales coinciden hasta el numero 913, pero han aumentado como se observa en la pantalla superior de Plantscape hasta el numero 915, esto se debe a que ciertos puntos fueron aumentados al sistema de Plantscape como se dijo en las pruebas de base de datos del sistema debido a que se aumentaron puntos después de la fecha de congelamiento lo cual consecuentemente aumentó nuevos historiales. Gracias a estas pruebas se ingresaron los nuevos puntos e historiales al sistema para que todos los datos de Plantscape se encuentren ahora en Experion.

C. Pruebas SAT

Las pruebas de aceptación en sitio (SAT) son las últimas pruebas a realizarse antes de realizar toda la migración en el campo, éstas permiten ver el buen funcionamiento de la integración de programas y equipos para el momento de la integración no encontrar problemas graves que impidan realizarla.

Prueba de actualización de Firmware en las distintas tarjetas del PLC

En estas pruebas lo que se va a realizar es actualizar el Firmware del PLC Honeywell con los servidores Experion fuera de línea para ver como reaccionará el PLC al momento de la migración. Es por esto que se va a usar un PLC con todas las tarjetas que tienen los PLCs en campo como son entradas y salidas análogas, digitales, tarjetas de Controlnet y Fieldbus. Así mismo a este PLC se le probó las nuevas tarjetas FTE que van a reemplazar a las tarjetas de Controlnet, en el gráfico 24 se observa el PLC conectado al servidor Experion por medio de la red FTE.



Gráfico 24: PLC conectado con los servidores para la prueba de actualización



Gráfico 24.1 Actualización de Firmware por medio de la red FTE.

Consecuentemente se fueron bajando los distintos firmware de Experion para lo cual se comprobó primero en el sistema Plantscape como reconocía a cada una de las tarjetas del PLC para luego ver las mismas tarjetas con el sistema Experion y comprobar que las reconoció el PLC como se observa a continuación en el gráfico 25.



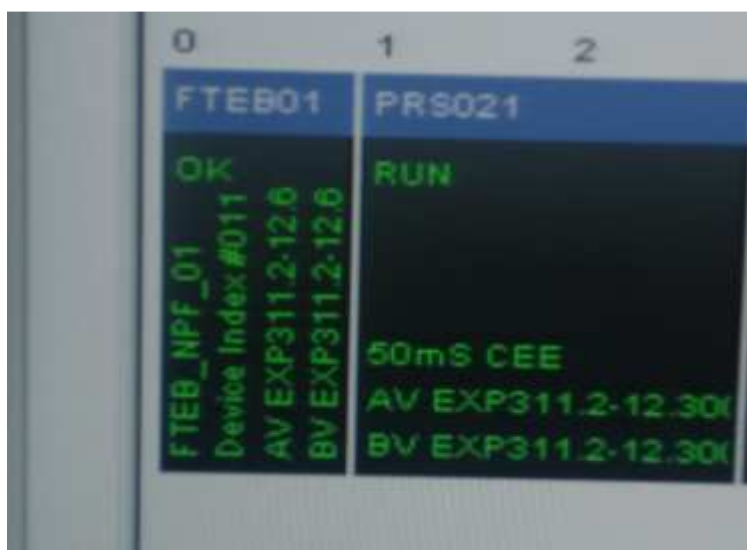
Gráfico 25 : Comprobación de las tarjetas de los PLCs en el sistema Plantscape (arriba) y sistema Experion (abajo).

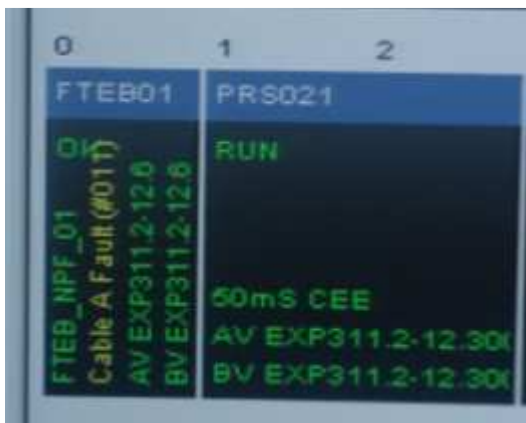
Como se observa en el gráfico inferior el primer espacio del PLC cambia debido a que en el sistema ExperionR311.2 ya se implementó la tarjeta para la red FTE. De esta manera se asegura el tiempo que va tomar la migración de cada uno de los PLCs involucrados en la planta y que reconoce a todas las tarjetas.

Comprobar redundancia de los servidores

Para comprobar la redundancia del sistema se lo realizará por software, para lo cual se conectará los servidores a la red FTE pero no todavía a los controladores C200. Primero se realizará el arbitraje el cual se encargara de decidir cuál va ser el servidor primario (comunicación con los controladores y estaciones) y el de respaldo (modo standby en caso de falla del primario). Por lo cual el servidor de respaldo permite un cambio de modo respaldo a servidor primario en caso de

detectarse una falla. En una configuración de red sencilla se probará, cuando la conexión de la estación con el servidor se pierde, bien sea por falla de la red o por falla del servidor, la estación intentará conectarse al servidor de respaldo, en caso fallido ésta intentará nuevamente conectarse con el servidor primario; de esta manera la red y ambos servidores son probados por la estación en su intento de establecer comunicación. Para lo cual se iniciará una sesión en Experion y se determinará cual de los dos servidores está funcionando como primario, luego se procederá a desconectar el cable A de la red FTE para poder visualizar en el servidor si enseguida se detecta la falla y el servidor sigue funcionando por medio del cable B de la red FTE para luego realizar lo contrario de desconectar el cable B y comprobar la redundancia de la red como se observa en el gráfico 26 a continuación con la visualización de las tarjetas del PLC Honeywell y el estado de la comprobación de la red FTE.





FTE Status As Viewed By: localhost




PdTag	Device Index	A -> A	A -> B	B -> A	B -> B	Num Interfaces
 FTEB #011	11	OK	OK	OK	OK	2
 SSUIONPSCD0A	146	OK	OK	OK	OK	2
 SSUIONPSCD0B	148	OK	OK	OK	OK	2

Gráfico 26: Primer dibujo red FTE funcionando normalmente, segundo dibujo red FTE funcionando por el Canal B y tercer gráfico comprobación de todos los caminos posibles de la red FTE.

Pruebas de Monitoreo SCADA

Para realizar estas pruebas se procederá a desconectar las señales que llegan de los PLCs de los pozos fuera de la planta al cuarto de control de NPF, ya que de los pozos se envían señales que son leídas por el SCADA por medio de PlantScape. Entonces lo que se va a realizar es desconectar las señales del servidor PlantScape y conectarlas al servidor Experion, por lo que se perderán las señales de los PLCs hasta que el nuevo servidor las reconozca. Así mismo se comprueba la comunicación de la red de los PLCs del campo con los nuevos servidores para el momento de la migración no se susciten fallas, adicionalmente

se comprobaron ciertos datos de estos PLCs para saber que no existan problemas. Por lo tanto en el gráfico 27 se observa una pantalla con ExperionR311.2 donde la señal de los PLCs todavía no es recibida por el nuevo servidor al comenzar la prueba lo cual se demuestra al estar la señal de los canales de los pozos en color rojo.

Enable	Channel	Type	Status
<input type="checkbox"/>	-		
<input type="checkbox"/>	-		
<input checked="" type="checkbox"/>	CHAN_PPY	ABrdly PLC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL4	ABrdly PLC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV_C	OPC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL1	ABrdly PLC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV_AB OPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV_C OPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPIRONETH	ABrdly PLC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL5	ABrdly PLC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPI OPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	BOGI OPC	OPC	Failed
<input type="checkbox"/>	-		
<input type="checkbox"/>	-		
<input checked="" type="checkbox"/>	TIVC	OPC	Failed

Gráfico 27: Señal de los PLCs que se encuentran en campo al comienzo de la prueba de Monitoreo.

Al conectar la nueva red con los PLCs de campo se ve en los siguientes gráficos 28, 29 como se actualizan los canales y al final si se reconocen todos los canales comprobando que la interconexión de los servidores Experion con los PLCs de campo es óptima.

Enable	Channel	Type	Status
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input checked="" type="checkbox"/>	CHAN.PPY	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL4	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.C	OPC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL1	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.AB.OPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.C.OPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPIRONETH	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL5	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPLOPC	OPC	Failed
<input checked="" type="checkbox"/>	BOGLOPC	OPC	Failed
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input checked="" type="checkbox"/>	TIVC	OPC	Failed
<input type="checkbox"/>	-	-	-

Gráfico 28: Canales de los PLCs actualizándose al reconocerlos el nuevo servidor con Experion R311.2

Enable	Channel	Type	Status
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input checked="" type="checkbox"/>	CHAN.PPY	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL4	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.C	OPC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL1	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.AB.OPC	OPC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	TIV.C.OPC	OPC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPIRONETH	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CHNALL5	ABrdly PLC	OK
<input checked="" type="checkbox"/>	CAPLOPC	OPC	Marginal
<input checked="" type="checkbox"/>	BOGLOPC	OPC	Marginal
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input type="checkbox"/>	-	-	-
<input checked="" type="checkbox"/>	TIVC	OPC	OK
<input type="checkbox"/>	-	-	-

Gráfico 29: Canales de los PLCs ya reconocidos por el sistema Experion R311.2

Después de esto se chequearon ciertos puntos de los PLCs de campo para comprobar que todos los puntos sean los correctos.

D. Proceso de Migración e Integración del sistema Experion R311.2

Para el proceso de la migración y actualización del firmware de los PLC se procederá de la siguiente manera siguiendo ciertas recomendaciones del técnico de Honeywell que está dando asistencia técnica en el proyecto:

1. Desconexión del servidor de respaldo en PlantScapeR500 de las redes A, B y del controlador B de respaldo C200 e instalación del nuevo server en Experion R311.2. De esta manera el controlador principal C200 mantendrá el Control de la planta con el Servidor principal en PlantScapeR500.
2. Reemplazo del modulo CNI (ControlNet Interface) en el controlador B de respaldo por el nuevo módulo FTE Bridge.
3. Conexión del nuevo servidor en Experion R311.2 que se va a convertir en el principal, al controlador B de respaldo C200 y actualización de los distintos módulos como el FTE Bridge y las CNI, por lo cual la red se encontraría como en el gráfico 30.

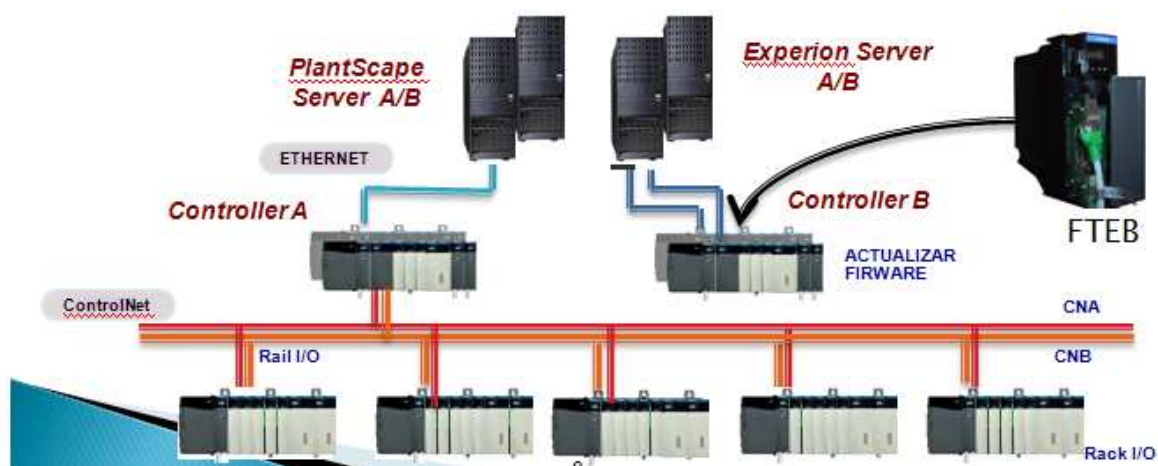


Gráfico 30: Arquitectura de la red en el paso 3 del procedimiento para migrar al sistema ExperionR311.2

- Desconexión del Canal B de la red Controlnet a todos los PLCs o racks de la planta NPF. Por lo cual se observa todo por el Canal A de la red Controlnet en PlantScape R500.
- Desconectar el rack menos crítico de la planta y que tenga el menor número de señales de entrada y salida, pero que posea un modulo FIM (Fieldbus Interface Module). Debido a que ese rack pasará a control manual hasta que dure la actualización del Firmware a ExperionR311.2
- Se conectará el rack menos crítico ya con el nuevo Firmware sólo al Canal B y al controlador B que se convertirá en el principal con la actualización a ExperionR311.2 como se observa en el gráfico 31.

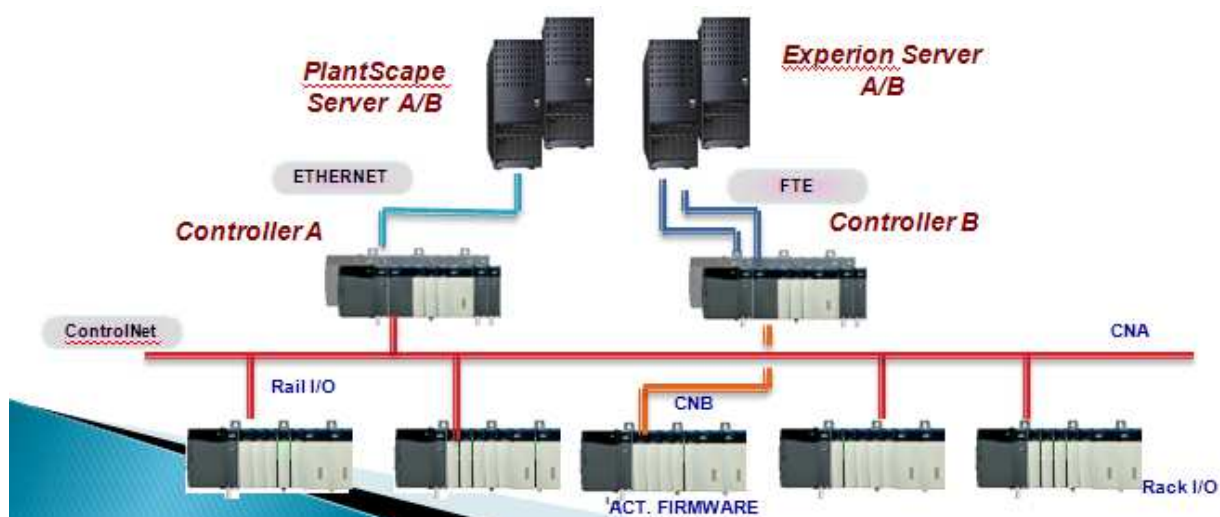


Gráfico 31: Arquitectura en el paso 6 de la actualización a Experion R311.2

7. Se Chequeará la visualización de todos los puntos y el correcto estado de todos los módulos y dispositivos Fieldbus. En los módulos DO (Digital Output) o AO (Analog Output) se emitirán comandos para ser chequeados.
8. Se repetirán los pasos 5, 6 y 7 con cada rack hasta actualizarlos todos a ExperionR311.2
9. Desconectar el servidor principal en Plantscape R500 del controlador A principal. Por lo tanto la planta se encontrará monitoreada ahora con el servidor de ExperionR311.2 por el canal B como se lo puede ver en el gráfico 32.



Gráfico 32: Arquitectura en el paso 9 de la migración a Experion R311.2

10. Se conectará el servidor de respaldo al controlador A C200 principal que será de respaldo ahora, para luego sí conectar la red A a los distintos Racks los cuales ya poseen la actualización de Experion R311.2

11.Habilitación del sistema de control, chequeo de lazos de control y monitoreo del sistema con el sistema Experion R311.2 con lo que la red de NPF quedará como en el gráfico 33.

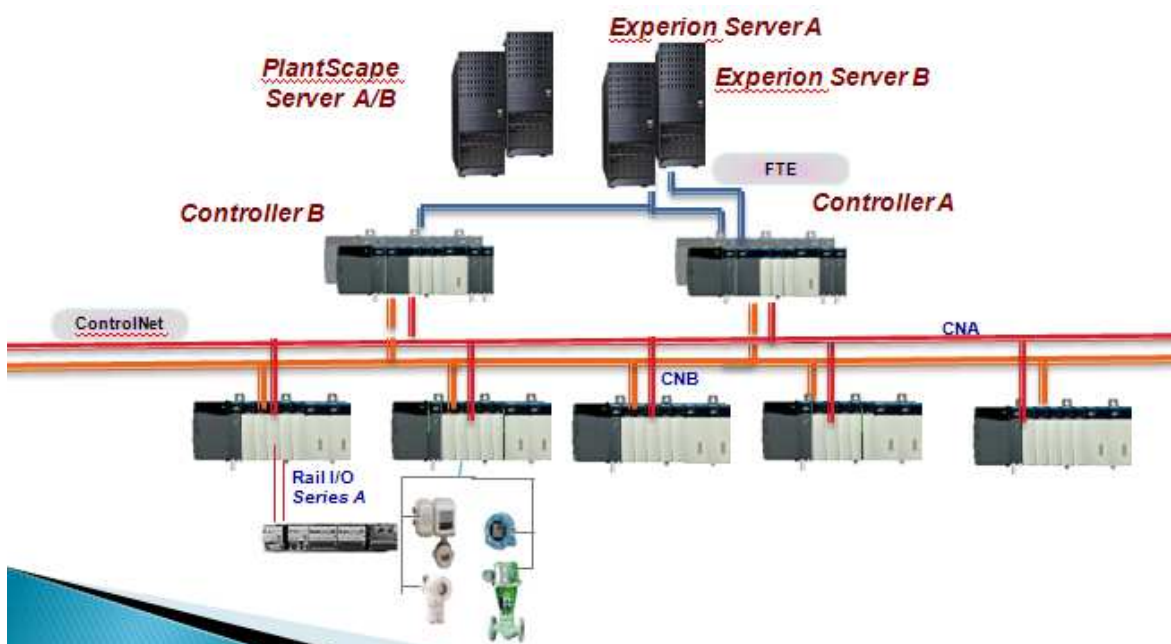


Gráfico 33: Arquitectura final con la actualización ya realizada a Experion R311.2

La parte más crítica en el proceso de migración tiene que ver con los pasos 5, 6 y 7 debido a que estos pasos involucran desactivar un PLC o rack por lo tanto todos los sistemas y equipos que son controlados por ese PLC pasarán a control manual por lo cual es importante identificar los equipos más críticos y el número de personas que se necesitan para manejar todos los equipos manualmente. Esto se realizó en base a los planos de los PLCs o racks que se encuentran en NPF que es el siguiente, gráfico 34 y en el Anexo 3.

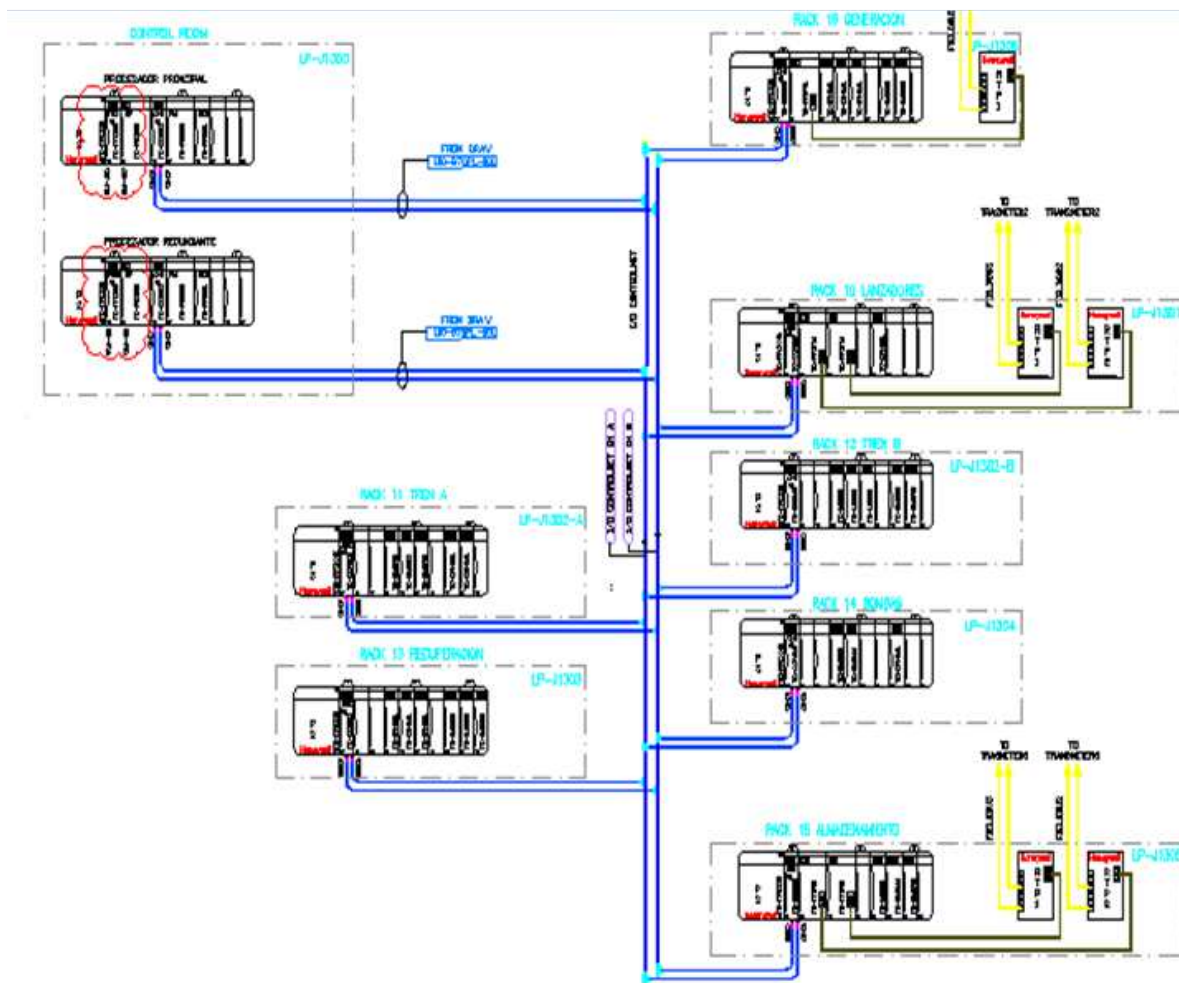


Gráfico 34: Arquitectura de los PLCs de la Planta NPF

Por lo tanto se procedió a chequear la instrumentación y lazos de control que involucran a cada rack para ver cuál es el menos crítico para poder empezar por ese rack. Como se observa en el plano se tienen 7 racks los cuales están conectados a los controladores C200, cada rack se analizará individualmente para poder determinar el menos crítico.

Por lo cual cada rack consta de distintas tarjetas de entrada, tarjetas de salida y módulos de interface Fieldbus (FIM). Así por ejemplo:

Rack 10 Lanzadores

Consta de:

1 OA, que es una tarjeta de salida Analógicas, las salidas de los racks se van a analizar para ver a que equipos corresponden, cabe decir que cada tarjeta puede recibir la señal de 8 sensores en una numeración del 0 al 7 e influencia a ciertos equipos.

2 tarjetas FIM, las cuales son una interface fieldbus para conectar a los equipos fieldbus que se encuentran en campo como se observa en la foto a continuación del PLC o rack 10.



Gráfico 35: PLC o rack 10 el cual va ser el primero en actualizarse.

Adicionalmente en los otros racks se encuentran tarjetas IA, las cuales son tarjetas de entrada Analógicas, y cada tarjeta puede recibir hasta 8 señales análogas numeradas del 0 al 7.

De la misma manera se procedió a realizar el análisis de los demás racks, tomando en cuenta la importancia en la planta de los distintos equipos involucrados, número de tarjetas por rack y el número de personas que se necesitan para controlar dichos procesos manualmente por lo cual se los ordenó de la siguiente manera para ser actualizados en la migración:

Rack 10 – Lanzadores

Número de personas: 3

Tarjetas rack: 10A 2 Interfaces Fieldbus

Equipos Asociados:

Tanque de expansión de aceite térmico

Recibidor de Ingreso crudo SPF

Lanzador de Agua

Rack 15 – Almacenamiento

Número de personas: 4

Tarjetas Rack: 11A 20A 2 Interfaces Fieldbus

Equipos Asociados:

Tanques de Agua T-1097, T-1090, T-1070, T-1118 A y B, T-1069.

Acumuladores de Gas 3011 A, B, C, D, E.

Sistema Calentamiento Tanques de Crudo T-1108A y B.

Lanzador (Diesel a SPF) L-1182.

Strubber de Gas V-1069.

Rack 13 – Recuperación

Número de personas: 5

Tarjetas Rack: 31A 30A

Equipos Asociados:

Recovery Gas V-1061 y V1062.

Scrubber de agua V-1111 y V-1112

Rack 11 – Tren A

Número de personas: 6

Tarjetas Rack: 3IA 2OA

Equipos Asociados:

Liberador de Agua V-1101A

Separador de Producción V-1105

Intercambiador de Calor E-1104

Deshidratador V-1106

Rack 12 – Tren B

Número de personas: 7

Tarjetas Rack: 3IA 2OA

Equipos Asociados:

Liberador de Agua V-1101A

Separador de Producción V-1105

Intercambiador de calor E-1104

Deshidratador V-1106

Rack 16 – Generación

Número de personas: 6

Tarjetas Rack: 3IA 2OA 1 Interface Fieldbus

Equipos Asociados:

Sistema de captación de gas V-3011

Aceite Térmico H-1072B

Rack 14 – Bombas

Número de personas: 4

Tarjetas Rack: 2IA 10A

Equipos Asociados:

Bombas intermedias P-1119 A, B

Bombas de Inyección P-1079 A, B

Tanques de Agua T-1118 A, B

Lanzador L-1180

Por lo cual la migración comenzará por el rack 10 y terminara en el rack 14. Así siguiendo los procedimientos antes descritos se pasó a actualizar el sistema SCADA a Experion R311.2

VI. Conclusiones y Recomendaciones

A. Conclusiones

- Los Shutdowns de las facilidades de producción del norte NPF o del sur SPF producen grandes pérdidas, entre el 7 y 10% de la producción. Debido a que se activa el sistema integrado de seguridad SIS, por fallas en el sistema SCADA de la planta como son la pérdida de control de los instrumentos y actuadores o perdidas de monitoreo por la red controlnet.
- El tiempo de restauración de los PLCs toma aproximadamente una hora por cada uno, tomando en cuenta que se tenía que bajar la base de datos a cada rack.
- Las pruebas FAT y SAT son estrictamente necesarias para evitar mayores inconvenientes en el momento de la migración donde se corren peligro de dejar sin control a la planta.
- Debe existir un repuesto de las tarjetas al menos una de cada clase que se utilizan en los PLCs para poder usarlas en caso de que no se pueda bajar el firmware y poder regresar los PLCs a su estado original rápidamente.
- El controlador debe estar totalmente aislado de la red de la planta para al momento de actualizarlo no existan problemas de que el nuevo software afecte al controlador principal que en ese momento está controlando la planta.
- Es sumamente importante tener un plan de contingencia en caso de que algún trabajo en la actualización no resulte como se lo planificó especialmente si la actualización se la realiza con la planta funcionando.

- La red FTE ha evitado que exista fallas a nivel de servidores como solía suceder con la red controlnet antes de la actualización.
- El nuevo software ExperionR311.2 es mucho más robusto y permite una mejor expansión del SCADA ya que los nuevos equipos disponibles en el mercado son totalmente compatibles con Experion R311.2.
- La actualización a ExperionR311.2 permite el uso de nuevas herramientas para mejorar ciertos lazos de control sin la necesidad de probarlos directamente en la planta.
- En el futuro se desea migrar la facilidad del Sur SPF y Shushufindi con lo cual se integrara todo el Bloque 16 por medio de la comunicación DSA.

B. Recomendaciones

- Para realizar la actualización de una manera segura se debería apagar la planta, ya que si bien se la puede operar manualmente no es muy recomendable porque ciertos procesos necesitan que el control sea bastante minucioso y si algo falla al momento de la actualización va a ser necesario apagar la planta o realizar un shutdown.
- Revisar y asegurarse de que la redundancia de la red a actualizar funcione correctamente para en el momento de desconectar un controlador para actualizarlo, el otro entre en funcionamiento automáticamente.
- Asegurarse de que los nuevos servidores a usarse en la actualización posean las mismas características que los antiguos servidores como son tarjetas de sonido y programas como los del paquete Microsoft office.
- Poseer un respaldo de los datos a ser migrados para en caso de no poder realizar la migración poder volver todos los equipos a su estado anterior lo cual incluye los CDs de instalación del sistema usado actualmente PLantSCape R500.
- Contar con suficiente personal en el bloque para al momento de la migración actuar rápida y efectivamente
- Realizar un calendario de actividades diario a fin de que cada persona sepa que hacer para tener todo listo para el día de la migración.
- Asegurarse de que todo el sistema que se va actualizar estén en óptimo estado ya que al momento de la migración, si se la va a realizar con la planta funcionando, se lo exigirá en un 100% y todos los sistemas de alarmas y de redundancia deberán actuar correctamente.

Bibliografía

1. Cot, Mathilde. Sistemas Instrumentados de Seguridad. Presentación PP, REPSOL, 2007. Pág. 9.
2. Archivo SPF. Especificación técnica del sistema de control. pag 4.
3. Lemos, Diego y David Miranda. OPC Como Alternativa a las Tecnologías Propietarias de Comunicación Industrial. Universidad de San Buenaventura, Medellin. 2006

<http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/lemos_etal06.pdf>
4. EP-DSX135.PDF - Experion Server and Client Planning Guide” pagina 38
5. Honeywell. Experion Server Overview. Product Information Note. December 2006.
6. Honeywell International Inc. Experion R310 Fault Tolerant Ethernet. Product Specification EP03-500-310. PDF. 29 MAYO 2008.
7. Honeywell International Inc. Fault Tolerant Ethernet Delivers Robust Networking Solution for Experion PKS. Product Information Note. PN-06-19-ENG. PDF. 2006

