



## **Índice Capítulo 4**

<b>4. Arquitectura de la Solución Propuesta .....</b>	<b>4.1</b>
<b>4.1 Características .....</b>	<b>4.1</b>
<b>4.1.1 Plataforma Abierta y Modular Orientada al Futuro.....</b>	<b>4.1</b>
<b>4.1.2 Arquitectura Distribuida. ....</b>	<b>4.1</b>
<b>4.1.3 Seguridad y Fiabilidad.....</b>	<b>4.2</b>
<b>4.1.4 Expansibilidad. ....</b>	<b>4.3</b>
<b>4.2 Arquitectura del Sistema .....</b>	<b>4.3</b>
<b>4.3 Centro de Control .....</b>	<b>4.5</b>
<b>4.3.1 Descripción del Centro de Control .....</b>	<b>4.5</b>
<b>4.3.2 Subsistemas del Centro de Control .....</b>	<b>4.5</b>
<b>4.3.2.1 Sistema Hardware del Centro de Control .....</b>	<b>4.5</b>
<b>4.3.2.2 Sistema de Comunicación de Red .....</b>	<b>4.10</b>
<b>4.3.2.3 Sistema de Impresión y Reportes .....</b>	<b>4.11</b>
<b>4.3.2.4 Sistema de sincronización GPS.....</b>	<b>4.11</b>
<b>4.3.2.5 Sistema UPS.....</b>	<b>4.11</b>
<b>4.3.3 Sumario de Equipamiento del Centro de Control .....</b>	<b>4.12</b>
<b>4.4 Disponibilidad del Sistema .....</b>	<b>4.12</b>



## 4. Arquitectura de la Solución Propuesta

### 4.1 Características

La Arquitectura del Sistema que se propone ha sido proyectada siguiendo una filosofía basada en los siguientes conceptos.

#### 4.1.1 Plataforma Abierta y Modular Orientada al Futuro.

**Abierto** en el sentido de que todo hardware y software, desde el más bajo nivel de campo hasta niveles jerárquicos de control superiores, como Centro de Control de la Empresa Distribuidora y Despacho del Administrador del MEM, presenta interfaces y protocolos de comunicación estándar (ICCP, IEC-60870-5, DNP3.0, Modbus, Profibus, etc.) que permiten actuaciones en dos direcciones cuyo objetivo final es realizar el trabajo de comunicación de la manera más sencilla y racional para el usuario final: introducir y extraer información de forma limpia y estructurada.

Esto se traduce en que introducir dispositivos externos en etapas posteriores al proyecto terminado y no concebidos originalmente para ser utilizados en el sistema no presenten problemas de implementación no superables y no quede el sistema privado de tal funcionalidad extra.

La **modularidad** se contrasta en la elección de equipos en los cuales dicha característica es un hecho intrínseco. Equipos con funcionalidades expresadas en módulos independientes y empaquetables en un contenedor han sido empleados en todos los campos, hardware de Centro de Control (switches modulares, servidores enracables con placa base multiprocesador y discos duros extraíbles, etc.), subestaciones (RTU SubCAT Saitel 2000DP con sistema operativo VxWorks y servidor Web incorporado configurable de forma remota, switches para relés de protección, etc.). Esta consideración garantiza a la Empresa Distribuidora que el sistema adquirido sea de tecnología punta y no quede obsoleto en un horizonte temporal cercano.

#### 4.1.2 Arquitectura Distribuida.

El sistema propuesto constituye un sistema distribuido por definición. Geográficamente distribuido existen unos requisitos técnicos que satisfacer e independientemente trabajando existen unos equipos de control (RTU SubCAT con módulo procesador de altas prestaciones) que están dotados de las herramientas necesarias para tal fin. Estos centros están concebidos para trabajar totalmente independientes del Centro de Control.



La RTU supervisa y controla de forma autónoma toda su subestación asignada. A este efecto, implementar otros Centros de Control o un Centro de Generación de la Empresa Distribuidora no supondría ninguna dificultad añadida a lo proyectado para el proyecto. La automatización de nuevas subestaciones no presentaría ninguna dificultad; los sistemas solo han de definir un nuevo nodo de comunicación en su base de datos.

Si nos centramos en este proyecto, la distribución de funcionalidades tanto en hardware como en software es una realidad; no existe sobrecarga de funciones por parte de cada elemento funcional. Las aplicaciones software han sido distribuidas en los servidores para que el servicio prestado sea óptimo y se pueda obtener el rendimiento óptimo de cada unidad. Existen bases de datos independientes en cada subestación, adquiridas en una única base de datos en el SCADA OASyS 6.3UX residente en el Centro de Control.

El Centro de Control se presenta de esta manera, no como un elemento de apoyo a las RTU de las subestaciones, sino como un punto de vista privilegiado para explotar con herramientas altamente potentes y provechosas, un gran volumen de información recogidas en ellas y darle una orientación inmejorable de cara a los intereses de producción eléctrica a costa de una gestión optimizada de la energía en el Sistema de Distribución Eléctrica (DMS). El sistema desarrollado permite la interconexión y cumple con las exigencias del Centro de Control de Energía. A tal efecto, la plataforma puede ser comunicada con despachos eléctricos nacionales mediante interfaces ICCP. Mediante las herramientas del sistema se permite un análisis de la calidad de la energía.

#### **4.1.3 Seguridad y Fiabilidad.**

La **fiabilidad** en los sistemas de comunicación ha sido llevada a un nivel elevado, mediante el empleo de arquitecturas redundantes, con protocolos de optimización de tráfico en el Centro de Control y entre Centro de Control y Subestaciones, reconfiguración de red, conmutación inteligente ante fallos en transmisión, gestión inteligente del tráfico de datos en la red de fibra óptica y la comunicación por radio y PLC, recuperación del sistema, autodiagnóstico, monitorización de estado de los equipos, previsión ante fallos del sistema, etc.

Toda la información del sistema está protegida mediante gestión de backup del sistema de forma automática y periódica. El acceso a la información está protegida ante intrusiones mediante un sistema profesional de acceso por clave. La MAN es segura ante intrusos externos a ella. El sistema diseñado constituye una plataforma operativa abierta al futuro para implementación de potentes aplicaciones de GIS y la infraestructura de comunicaciones proyectada permite la transmisión de señales de distinto tipo que constituyan una



funcionalidad extra importante en el desempeño de las tareas habituales sin ningún coste extra significativo.

#### 4.1.4 Expansibilidad.

Los equipos críticos del sistema de control están dimensionados tal que permiten una expansibilidad de al menos el 50%.

Esto puede ser comprobado en los servidores, donde existe alojamiento en el rack para más de dos servidores adicionales, permite incrementar el número de microprocesadores, discos duros adicionales, memoria RAM, etc.

A nivel de RTU la disposición de backplanes configurada permite una expansión muy superior al 50%.

Todos estos conceptos se han tenido en cuenta a la hora de definir y diseñar cada uno de los elementos que conforman este sistema. Todas las unidades, módulos y cables se identificarán correctamente para su puesta en servicio, colocándose advertencias para evitar condiciones peligrosas.

## 4.2 Arquitectura del Sistema

Un esquema global de la concepción del sistema se presenta a continuación con objeto de mostrar una mejor idea conceptual del mismo, en la figura [4.1]:

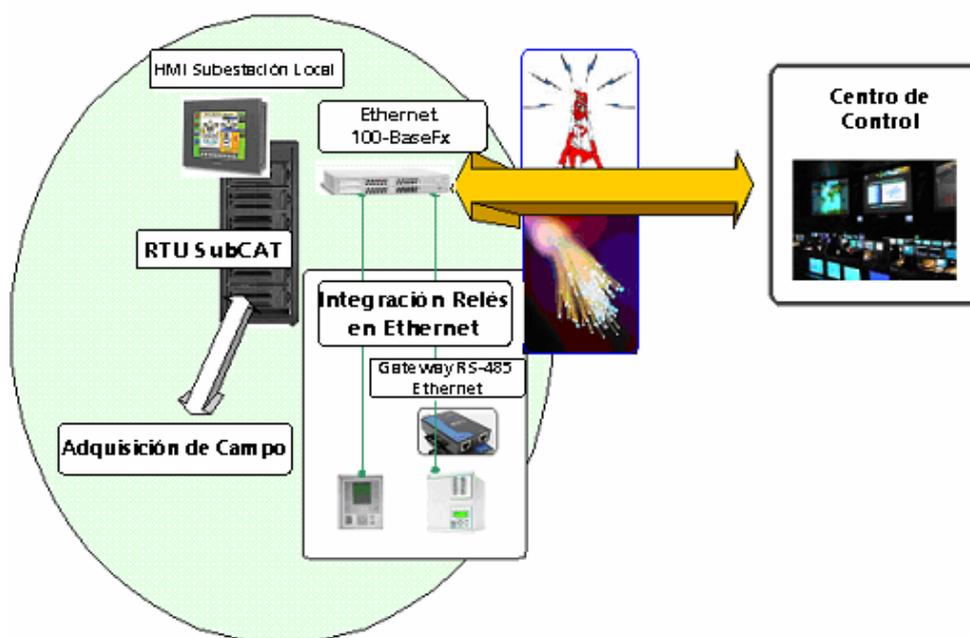


Figura [4.1] – Esquema conceptual



La RTU en subestación constituye la unidad organizativa básica de información del sistema. En la subestación se realiza el primer tratamiento de información a nivel de enlace y aplicaciones software SCADA.

Las RTU son equipos de alta tecnología que permiten el cambio de interfases específicas a una interfase estándar (Ethernet). Esto es, la RTU actúa en el sistema como un “puente inteligente” entre una capa de nivel de campo a una capa de control y supervisión. La RTU no deja de ser por esto un PLC en el sentido de adquisición de señales eléctricas, actuación sobre aparameta de campo, robustez, etc. La solución RTU adoptada, es por ello, una garantía para la Empresa Distribuidora en el sentido del empleo de un soporte abierto y potente capaz de abordar tareas multidisciplinarias.

La información de campo de subestaciones eléctricas es integrada en la RTU mediante adquisición directa de señales o comunicación serie (dispone de interfases Fast Ethernet, RS-232/485, etc.). De esta manera, la RTU es un concentrador de toda información de campo eléctrica.

Para presentar toda la información recogida en RTU a una plataforma informática industrial y poder realizar un procesamiento más flexible de la información, tanto a nivel de subestación como transmisión de información con encapsulación en protocolo IEC 60870-5-101 a centro de control, y tratamiento de la información en éste, la RTU está dotada de interfases Ethernet. Así, las subestaciones constituyen entornos de red de área local (LAN). La comunicación existente entre subestación y centro de control presenta entonces al sistema como un WAN gestionada por switches de capa 2 y capa 3 con enrutamiento. Esto asegura al cliente la máxima eficiencia y rendimiento en la gestión del tráfico de información. La seguridad de las funciones firewalls de los switches instalados protege a esta WAN de intrusiones externas por la red de la Empresa Distribuidora.

La autopista de información a alta velocidad que constituye el sistema de fibra óptica y el control que los multiplexores ejercen sobre el flujo de información que viaja por ella, aseguran la máxima fiabilidad y confiabilidad al sistema. Estos multiplexores están dotados de un robusto sistema de autodiagnóstico, visualizable por software, permitiendo al usuario en todo momento ejercer un control sobre el camino que está siguiendo la información y en qué condiciones de transferencia lo está haciendo. En caso de fallo de la transmisión por la fibra óptica, de forma automática es redireccionado todo el flujo a los canales alternativos de comunicación existentes en el sistema.

Esta plataforma abierta, conlleva de forma intrínseca la fácil integración de aplicaciones tales como la aplicación GIS y SDI existentes en el sistema e integrable en el nuevo sistema



desarrollado simplemente con mínimos trabajos de reconfiguración. Permite a los operadores de la Empresa Distribuidora la conexión a Internet en todos los puntos en que sea accesible la LAN y dota al sistema de una vía de crecimiento futuro a otros sistemas, tales como conexión a futuras oficinas, despachadores eléctrico y operación, con lazos ICCP, previsto en el sistema diseñado.

El sistema SCADA dispone de acceso remoto vía Internet para personal autorizado mediante la configuración de una red virtual privada (VPN), la misma que se configura tanto en el Firewall como en el cliente VPN que accede a través del Internet.

Para asentar todas estas ideas, se presenta un esquema explicativo, en la figura [4.2].

### **4.3 Centro de Control**

#### **4.3.1 Descripción del Centro de Control**

El Centro de Control diseñado para la Empresa Distribuidora es de última tecnología aplicada a la automatización industrial.

La arquitectura del Centro de Control es la mostrada en la figura [4.3].

Se puede hacer una agrupación en los siguiente subsistemas:

- Sistema hardware del Centro de Control.
- Sistema de Comunicación de Red.
- Sistema de Impresión.
- Sistema de Medición de Tiempo.
- Sistema de Sincronización GPS.
- Sistema UPS.

#### **4.3.2 Subsistemas del Centro de Control**

##### **4.3.2.1 Sistema Hardware del Centro de Control**

- **Servidor de Proceso Redundante.**

El sistema de servidores está conformado en una configuración Hot-Standby para cumplir con las exigencias de disponibilidad.



#### 4.- Arquitectura de la Solución Propuesta

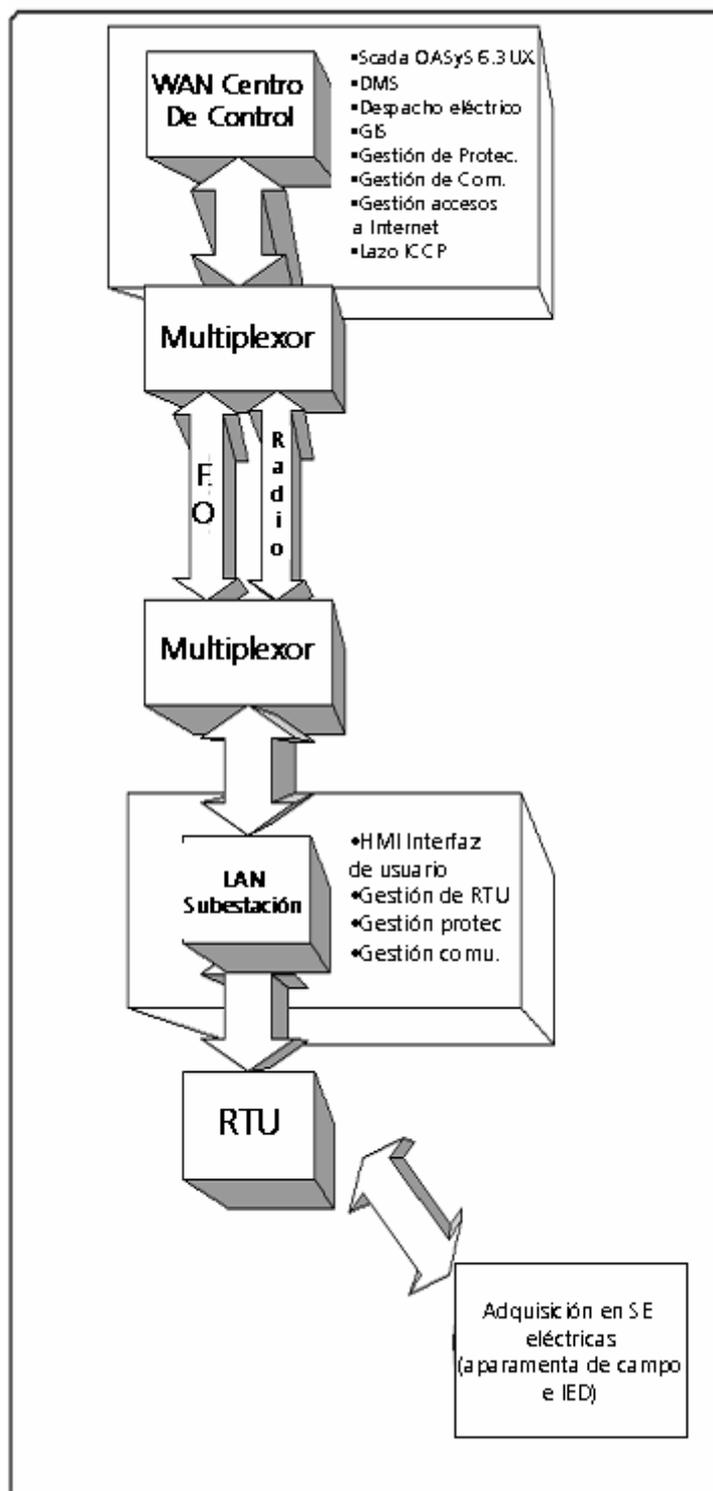


Figura [4.2] – Esquema Explicativo



## Arquitectura Centro de Control

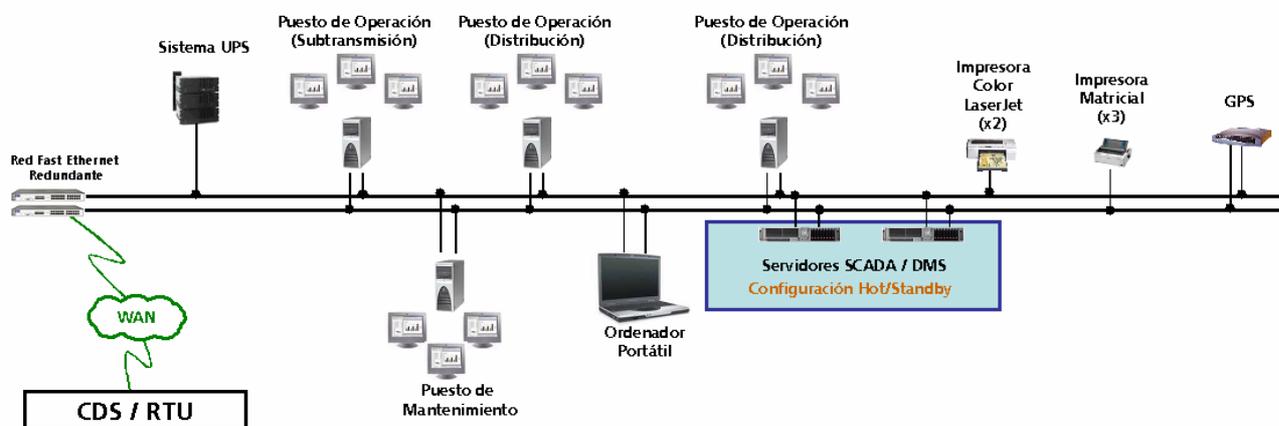


Figura [4.3] – Arquitectura del Centro de Control

Los servidores elegidos son los HP rx2620 con microprocesadores Intel Itanium 2 con tecnología RISC a 64 bits. La potencia de estos CPU asegura una carga de trabajo nominal menos al 20% de la máxima autorizada para estos equipos. Mediante la tecnología Mirror Disk, los servidores superan los estándares de Raid 1 requeridos por la Empresa Distribuidora para respaldo de información. Los discos duros permiten conexión en caliente “hot-swap”.



Figura [4.4] – Servidores

Dentro del equipo a suministrar para cumplir los requerimientos se incluyen:

Modelo	Descripción	Cantidad
AB331A	HP rx2620 1.6 GHz CPU Server Solution	2
AB395A	HP Srvr rx2620 1GB DDR Quad Memory	4
A9897A	73GB 15K HotPlug Ultra320 LP disk drive	4
AB348A	HP rx26X0 and rp34X0 DVD+RW Combo Drive	2
A7173A	HP Dual Channel Ultra320 SCSI Adapter	1
A6825A	PCI 1000Base-T Gigabit Ethernet Adpt	2
A6795A	PCI 2GB Fibre Channel Adapter	1



#### 4.- Arquitectura de la Solución Propuesta

A6939AZ		Factory rack installation for rx26/rp34	2
B9106AA		HP-UX Fndn OE Media Itanium Servers	2
B9106AA	AJR	DVD Media	2
B9106AA	MG	HP-UX 11i Version 2	2
B9106AA	ABE	Spain-Spanish localization	2
B9430AC		HP-UX FndnOE Integrity PPL max2CPU w/sys	2
B2491BA		MirrorDisk/UX License for Servers	2
B2491BA	2AH	Single processor license	2
HA113A1		HP Installation Service	2
HA113A1	565	Itanium Server Installation	2
C7508AZ		HP (factory-racked) 5300 Tape Array	1
Q1512B		HP Ultrium 460 Array Module	2
C2364A		SCSI Terminator LVD/SE HDT568 Multimd	2
AB469A		HP rx16/26 Factory Rackmount Shelf Kit	1
A5212DZ		HP Rear Door for 33U graphite rack	1
A5137AZ		Modular Power Dist. Unit for std racks	2
A5137AZ	AWT	240V/16Amp 4.5M PDU cord C19/CEE 7/7	2
		<b>ALMACENAMIENTO COMPARTIDO</b>	
201723-B22		MSA 1000, 2 Gb, un c	1
288247-B21		MSA SAN Switch 2/8	1
286714-B22		Disco Universal Wide Ultra 320 SCSI, conectable en caliente de 72 GB, 10.000 rpm (1´)	2
221692-B22		5M SW LC/LC FC Cable	2
HA114A1		HP Installation and Startup Service	1
HA114A1	5J0	MSA1000/1500 Installation	1
HA113A1		HP Installation Service	1
HA113A1	572	Rack Installation	1
H6194A		Implementacion Mirror disk	2
A4901D		HP Rack System/E, 33U, graphite color	1



#### **Tabla [4.1] – Equipamiento de los servidores**

Este potencial permite una carga de trabajo realmente alta para aplicaciones que requieren rendimiento superior y gran ancho de banda, con capacidad de expansión en el futuro importante para los intereses de la Empresa Distribuidora. A esto hay que añadir el sistema operativo HP-UX 11iv2, estándar mundial en plataformas operativas que requieren una robustez y estabilidad máximas.

El servidor ocupa 2U de alto y se monta en un rack metálico de 33U, lo cual permite unas grandes posibilidades de expansión futuras superior al 50%, además de una resistencia mecánica de alta gama.

La plataforma HP-UNIX lanzada sobre procesadores RISC en configuración redundante, con una aplicación SCADA OASyS 6.3UX desarrollada y depurada para obtener el rendimiento máximo en plataformas Unix, garantiza la máxima respuesta en tiempos de respuesta, en despliegues de gráficos, en realización de cálculos complejos, en control de fiabilidad, etc.

El sistema propuesto gestiona todas las comunicaciones desde el núcleo del sistema SCADA OASyS 6.3UX. Es por esto, que el empleo de un servidor de comunicaciones se hace necesario con la arquitectura planteada.

- **Puestos de Operación (WorkStation).**

Se incluyen en la arquitectura cuatro (4) puestos de operación, que se distribuyen para Mantenimiento (1), Subtransmisión (1) y Distribución (2).

Cada uno de los cuatro (4) puestos de operación está formado por una *WorkStation xw4200 con tres (3) monitores* cada una asociados, con las siguientes características técnicas:

- HP Base Unit, Intel 3.00 GHz/1 MB P4 800 FSB.
- Memoria: HP 1 GB DDR2-533 ECC.
- Disco Duro: HP 80 GB SATA/150 7200 HDD, 1st.
- Monitores: 3x Samsung SyncMaster 213 TFT 21".
- Unidad de disco: HP Floppy Disk Drive.
- Lector óptico: HP 16X DVD-ROM drive.
- Tarjetas de video: 2x NVIDIA Quadro NVS 280 64 PCI-E.



- Salidas de video para tres monitores: DMS-59 to Dual DVI Cable Kit.
- Teclado: HP USB Standard Keyboard.
- Tarjeta de red: Broadcom 5782 10/100/1000 PCI.
- Ratón: HP USB Scroll Mouse.
- Spain – Spanish localization.
- Licencia Sistema Operativo: Windows XP Professional Media.

- **Puesto de Operación SCADA Subestación (Portátil).**

Para el puesto de operación del SCADA de subestación se incluyen treinta y seis (36) ordenadores portátiles *HP Compaq NX 7010 PG588ET*, para cada una de las subestaciones donde se instale una RTU con objeto de instalar en el mismo un Mini SCADA MyOASyS para el control local en cada subestación, con las siguientes características técnicas:

- Intel P-M 725 Centrino 1.6 GHz.
- 512 Mb RAM.
- Disco duro: 40 Gb.
- Pantalla de 15.4" WSXGA+.
- Tarjeta gráfica dedicada: ATI Mobility Radeon 9200 64Mb
- Lector óptico: HP 16X DVD+/-RW DVD-ROM drive.
- Licencia Sistema Operativo: Windows XP Professional Media.
- Tarjeta de red 10/100 y Módem incorporado.

#### **4.3.2.2 Sistema de Comunicación de Red**

Las computadoras y todos los equipos de red se comunicarán por medio de una red física de área local (LAN) con redundancia. Esto implica la utilización de dos redes cableadas a dos switches con todos los equipos de red conectadas a ambas. Esto que en principio parece una tarea relativamente sencilla, limitada a multiplicar los accesorios y cableado de red por dos, no es así, puesto que si no se emplean switches con diagnóstico continuo de red y agentes de gestión de red que conmuten el tráfico de paquetes de información de una red a otra cuando



se produzca una caída de la red primaria, lo que se está creando es una redundancia aparente.

Aspectos como estos y otros como posibilidad de conexión a Internet a través del router con función de routing ADSL, con severos controles de acceso con firewall avanzados sobre hardware (no mediante software), optimización del rendimiento en la red WAN, etc. han sido tenidos en cuenta a la hora de plantear la solución técnica.

Para el alcance y descripción de todos los equipos de comunicaciones de red del Centro de Control referirse al punto [7.5.3.1] de la Red de Comunicaciones.

#### **4.3.2.3 Sistema de Impresión y Reportes**

Todas las impresoras se conectarán en red para todas las computadoras del Centro de Control de la Empresa Distribuidora, incluyéndose

- Dos (2) impresoras HP Color LaserJet 3550.
- Tres (3) impresoras matriciales Epson FX-890N.

#### **4.3.2.4 Sistema de sincronización GPS**

La arquitectura diseñada para el sistema de sincronización GPS está compuesta por un (1) servidor *NTP/SNTP LEDINetwork SE*, que toma la hora vía satélite a través de la antena con salida AFNOR IRIG B. Existen cinco clientes de este servidor de manera que todos los equipos que componen el sistema están sincronizados con un mismo Master Timing proveniente del Centro de Control. Se ha proyectado esta configuración con el criterio de no provocar contradicciones y confusiones en el caso de tener que contrastar Timestamps de elementos situados en distintas ubicaciones geográficas.

#### **4.3.2.5 Sistema UPS**

Dentro del diseño del Centro de Control se ha incluido un (1) *sistema UPS COMET Extreme 12 KVA* con baterías LA Endurance con autonomía 35 minutos al 70% de carga y 20 minutos al 100%.

Este equipo permite una expansión gracias a su concepción modular en racks o en torre. Dispone de canal de consola para diagnóstico y conexión Ethernet para visualización continua de estado.



**Figura [4.5] – Sistema UPS**

### **4.3.3 Sumario de Equipamiento del Centro de Control**

- Dos (2) Switches FastIron Edge X424.
- Dos (2) servidores HP rx2620 en configuración Hot-Standby.
- Un (1) rack metálico HP 33U.
- Cuatro (4) workstation xw4200 con tres monitores de 21" cada una
- Un (1) portátil HP Compaq NX 7010 PG588ET
- Dos (2) impresoras HP Color Laserjet 3500
- Tres (3) impresoras HP BN Laserjet 4250
- Un (1) servidor NTP/SNTP LEDINetwork SE
- Una (1) antena GPS RADIO TIMING RTB GPS GENERATOR
- Un (1) sistema UPS COMET Extreme 12 KVA con baterías LA Endurance con autonomía 35 minutos al 70% de carga y 20 minutos al 100%.

Además, también se tiene en cuenta todo el cableado necesario para realizar todas las conexiones necesarias.

### **4.4 Disponibilidad del Sistema**

El sistema diseñado tiene una alta fiabilidad en su configuración tanto hardware como software. La configuración propuesta está basada en elementos de mercado de probada confiabilidad con altos MTBF (Mean Time Between Faults) y bajos índices MTTR (Mean Time To Repair).



#### 4.- Arquitectura de la Solución Propuesta

El estudio se ha realizado suponiendo que las piezas de cambio existirán in situ y que el MTTR es de 10 minutos.

Con todo ello la disponibilidad del sistema es superior al 99.99%, superior al 99.97% exigido por especificaciones.

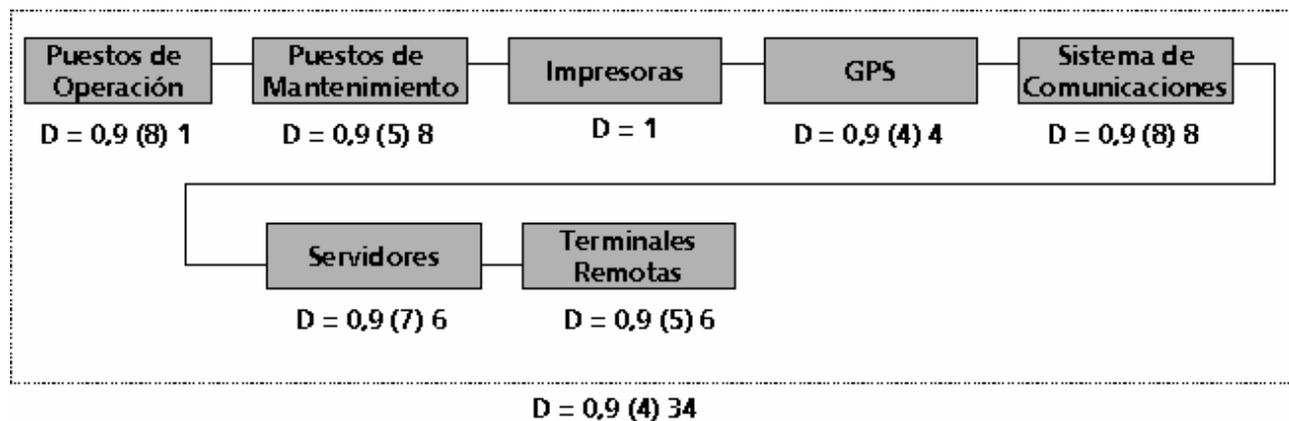


Figura [4.6] – Esquema de Disponibilidad del Sistema