Capítulo 3: Centro de Control de un Sistema AMR

3.1. Software de Gestión del Centro de Control

3.1.1. Software de Gestión de Lectura de Contadores – AMR

A la hora de hacer el diseño del centro de control de un sistema AMR, resulta fundamental el concepto de escalabilidad. En este sentido tres aspectos del concepto de escalabilidad deben ser considerados:

- Escalabilidad de los recursos informáticos.
- Escalabilidad de los recursos de almacenamiento de datos.
- Escalabilidad de los recursos de acceso a la red.

Resulta elemental hacer uso de un modelo marco de distribución de tareas que permita cualquier combinación de "motores", considerados como procesos que llevan a cabo porciones concretas de las tareas que se ejecutan simultáneamente en cada procesador de los servidores disponibles en el centro de control. De este modo, garantizamos que la arquitectura hardware de servidores puede ser ampliada con equipos adicionales entre los cuales se distribuirá la carga de proceso para obtener los niveles de escalabilidad y redundancia deseados [10].

El sistema de recogida de datos deberá asimismo utilizar normas de escalabilidad de facto. El almacenamiento de datos de las soluciones de mercado es realizado fundamentalmente en SQL u Oracle como gestores de base de datos.

La comunicación entre los concentradores de datos y el software ubicado en el centro de control de la compañía eléctrica está habitualmente basada en comunicaciones TCP/IP establecidas sobre redes propietarias, o alternativamente sobre servidores de acceso estándar como los utilizados para los proveedores de servicios de Internet. En cualquier caso, es necesario el uso de un cierto número de servidores de comunicación que podrán ser utilizados para distribuir la carga de proceso procedente de los diversos concentradores de datos.

El proceso típico de recolección de datos en un sistema AMR es descrito a continuación en la siguiente página:

1. El concentrador de datos está continuamente sondeando los contadores conectados aguas a bajo verificando la existencia de nuevos datos disponibles.
    a. Cuando un contador tiene algo que ofrecer, se levanta una bandera para informar al concentrador de datos, de modo que dichos datos sean recogidos en el próximo ciclo de sondeo.
    b. Este proceso es repetido de modo que todos los datos disponibles en los contadores sean recogidos.
2. El concentrador de datos almacena los datos hasta que se produce la comunicación con el centro de control. Existen diferentes formas de iniciar esta comunicación.
    a. Comunicaciones programadas.
    b. Comunicaciones bajo demanda.
    c. Comunicaciones urgentes desde el concentrador de datos.
3. Una vez establecida la comunicación, todos los datos disponibles son transmitidas y almacenados en la base de datos del software AMR.
4. Finalmente y tras el proceso de recolección de datos se produce la entrega al cliente.
    a. Los datos son extraídos por lotes seleccionados en función de un cierto número de parámetros de modo que sea posible la elección de conjuntos de contadores bajo diversos criterios.
    b. Estos datos son procesados y formateados habitualmente en cumplimiento del estándar XML.
    c. Los mensajes son enviados a la compañía eléctrica mediante un proceso transaccional, de modo que sea posible volver atrás y exportar los datos de nuevo.

Generalmente los sistemas AMR están basados en plataformas software distribuidas basadas en servicios Web, de este modo todas las interfaces están disponibles a través del navegador web y la recopilación de datos resulta sencilla debido a su configuración distribuida.

Esta interfaz con la compañía eléctrica proporciona servicios web basados en estándares de middleware empresarial, que permiten una integración sencilla de aplicaciones Java, .NET, u otros servicios web e infraestructuras de compañías como IBM, BEA Systems, Microsoft, Sun, HP y Oracle.

Este software AMR proporciona como un conjunto de herramientas y servicios para la gestión, configuración y adquisición de datos, permitiendo al personal de la compañía

eléctrica acceso a toda la información del sistema AMR a través de una interfaz única. Así, la lectura automática de contadores basada en ciclos de facturación será implementada por los concentradores de datos y contadores trabajando de forma conjunta y coordinada.

Cada concentrador de datos debe verificar en el correcto funcionamiento de la infraestructura de comunicación y de los contadores aguas abajo. Para ello debe sondear cada uno de los contadores varias veces al día a una tasa configurable por la compañía eléctrica realizando de este modo la recolección de la información sobre el estado y la salud de los contadores. En los mensajes de respuesta de estado, los contadores pueden facilitar al concentrador información importante, como por ejemplo la detección de un error de diagnostico o una violación del precinto de seguridad del contador.

Uno de los estados que pueden notificarse al concentrador de datos es que el ciclo de facturación del contador ha sido completado. Si bien el ciclo de facturación puede ser tan corto como un día, normalmente es de 30 días. En todo caso, dichos ciclos pueden ser configurados individualmente para cada contador de modo que cada compañía y/o cliente pueda configurar el ciclo que tiene más sentido para ellos. Para aquellos contadores que hayan indicado que su ciclo de facturación está completo, los concentradores de datos procederán a la lectura de los registros de consumo al final de ese día y reportarán dicha información al centro de control.

Existen varios escenarios de adquisición de datos adicionales, como son la recuperación de datos de calidad de energía o datos de intervalo, pero todos siguen el mismo patrón básico descrito anteriormente.

3.1.1.1. Registro de Eventos

El registro de eventos debe almacenar la ocurrencia de eventos y las condiciones de error de aquellos contadores previamente seleccionados para ser registrados incluyendo la fecha y la hora en las que se produce cada evento. Los eventos registrados son asociados a un código numérico que proporciona información adicional sobre el evento, como pueden ser el tipo de evento producido, el número de procedimiento, o la entrada en vigor de una nueva tarifa. Los concentradores de datos deben guardar un registro de cierto tipo de eventos.

Podemos definir los eventos como alarmas que necesitan ser notificadas al sistema sobre su ocurrencia de forma urgente. De lo contrario, simplemente son registradas en el registro de sucesos que se envía al sistema al final del día.

Una adecuada distinción entre aquellos eventos que deben ser tratados como urgentes y aquellos que deben ser considerados no urgentes, a través de una selección óptima de parámetros y límites para las condiciones de disparo, resulta fundamental e impide que el sistema reciba tormentas de eventos. Resulta evidente

que los eventos registrados, sus parámetros y clasificación como urgente o no urgente deben ser características modificables de forma remota. De este modo, es posible adaptar la operación del sistema a las circunstancias de la red eléctrica.

La existencia de una base de datos de eventos permite la integración con otros sistemas y la generación de informes automáticos de forma sencilla. El sistema puede ser configurado para enviar alarmas urgentes a otros sistemas tan pronto como estas sean recibidas e informes periódicos con todos los eventos generados en el sistema. Estos informes deben ser flexibles de modo que puedan ser definidos en función de los requerimientos de la compañía eléctrica, siendo posible ordenar la lista de eventos por tiempo de ocurrencia, agrupando los eventos por dispositivo y tiempo de ocurrencia, etc.

Si bien la lista de eventos puede ser muy amplia, los siguientes pueden considerarse como los más relevantes:

1. ***Detección de Interrupción en el Suministro***

   El sistema de detección y notificación de la interrupción en el suministro eléctrico requiere de la actuación coordinada de diversas capas del software AMR. En primer lugar, el concentrador de datos determina de forma automática un conjunto de contadores que denominaremos "puntos de test" de forma que sea posible comprobar rápidamente la salud de la red. Estos puntos de test son seleccionados de entre aquellos emplazados en los límites de la red de distribución. Así, será necesario el paso a través de una parte significativa de la red de distribución para establecer la ruta de comunicación hasta dichos contadores. Con objeto de detectar posibles errores, y reportar los mismos al centro de control de forma inmediata, los concentradores de datos se encargarán de explorar estos puntos de test con cierta frecuencia. Será tarea del software AMR evaluar e indicar el evento al centro de control de la compañía eléctrica para que los operadores tomen las medidas preventivas y/o correctivas pertinentes.

2. ***Detección de Manipulación del Contador***

   Algunos eventos de diagnóstico pueden indicar una condición de sabotaje o manipulación del contador. Cada uno de estos eventos de sabotaje son enviados al centro de control haciendo uso del concentrador de datos aguas arriba, de modo que cada condición de manipulación sea seguida y analizada de forma independiente. Adicionalmente, este tipo de eventos pueden ser recogidos por las cuadrillas de campo localmente a través del puerto de configuración y monitorización del contador.

   Estos eventos de manipulación levantan una bandera de diagnóstico o alarma para la condición específica y deben ser bajadas desde el centro de control

comunicando a través del concentrador de datos o haciendo uso de la interfaz de comunicación local.

Cada evento de sabotaje puede ser configurado por el usuario para mostrar en la pantalla del contador un mensaje de error o de cautela. Algunas de las manipulaciones más habituales son las siguientes:

- **Eliminación de la Cubierta del Contador**

  La eliminación de la cubierta del dispositivo debe iniciar un evento de sabotaje. La retirada de la tapa deberá registrarse como un evento de manipulación tanto si el contador está encendido como si está apagado (una vez que el suministro es restablecido, debe enviarse al software del sistema un informe de la condición de sabotaje). Cuando dicha manipulación de la cubierta del contador este siendo realizada por el equipo de instalación o reparación de la compañía eléctrica el evento de sabotaje será determinado como caso de diagnóstico.

- **Corriente Inversa**

  La inversión del flujo de corriente se produce cuando la línea y los cables de carga han sido cableados de forma invertida, o si bajo la premisa de que estamos en un punto de consumo, se está midiendo una generación energía. El contador puede detectar el flujo de corriente inversa en las fases individuales. En el caso de que se detecte corriente inversa durante un cierto periodo de tiempo consecutivo (por ejemplo, 10 segundos) se produce el evento de manipulación.

- **Inversión de Fase**

  Para el caso de los contadores monofásicos, el concentrador de datos debe ser capaz de detectar que las conexiones de neutro y fase han sido intercambiadas. El concentrador de datos será el encargado de enviar al software del sistema esta condición de alerta. El contador por su parte almacenará el último estado de inversión de fase que notificó al concentrador de datos. De este modo, si un contador conectado a un concentrador de datos detecta un evento de inversión de fase, dicha condición de alarma persistirá en el contador, aun cuando el contador sea alimentado posteriormente sin concentrador de datos y haya desparecido la inversión de fase. Para eliminar el evento del registro de errores, debe existir una conexión entre el contador (midiendo el estado de fase corregida) y el concentrador de datos.

- **Flujo de Corriente sin Tensión**

  Cuando el flujo de corriente de una determinada fase es superior un cierto umbral (en torno a 2A) y la tensión de la misma es baja o nula, el contador deberá reportar un evento de sabotaje.

Para que esta detección de manipulación funcione correctamente, al menos una fase del contador deberá estar alimentada (con tensión). Si un contador polifásico está configurado con solo una o dos fases en operación, la detección de manipulación no será reportada para las fases no utilizadas.

- **Sabotaje Magnético**

  Los contadores deben estar dotados con un sensor con capacidad de detección de los campos magnéticos externos especificados en la norma IEC 62053-21. En el caso de que el contador detecte un campo magnético externo, disparará automáticamente una alarma, que podrá ser leída y reseteada desde el software de gestión del centro de control o mediante una conexión in situ a través del puerto local de comunicaciones del contador. Habitualmente, este sensor de sabotaje magnético es utilizado para detectar posibles fraudes cuando se sitúan en las proximidades del contador imanes fuertes (como los imanes de tierras raras).

3. Eventos de Calidad de Energía

Los contadores deben registrar la calidad de los datos de las diferentes medidas de energía, de modo que sean accesibles desde el centro de control a través de un comando de petición de dicha información al contador. Los eventos de calidad de energía podrán ser leídos por el concentrador de datos y transmitidos al software del sistema, o alternativamente podrán ser leídos directamente en el contador a través del puerto óptico.

Cuando se produce un evento de calidad de energía, el estado debe volver al normal durante al menos 1 segundo con objeto de verificar el registro de un nuevo evento de calidad de energía que confirme el anterior.

El contador deberá proveer mediciones de consumo de calidad para subtensión (RMS), sobretensión, sobrecorriente (RMS), pérdida de suministro, desviación de frecuencia y pérdida de fase.

Para los eventos de subtensión, sobretensión y sobrecorriente, el contador deberá registrar marcas de tiempo de comienzo y fin de cada ocurrencia. El registro de sucesos deberá indicar el estado de subtensión, sobretensión y sobrecorriente para cada fase. El contador podrá enviar al centro de control del sistema una señal de alerta cada vez que se produzca una nueva entrada en el registro de eventos de calidad de energía.

En conjunto, estos eventos y alertas de calidad de la energía permitirán obtener una visión precisa y detallada de la calidad de energía en cada punto de medición del sistema AMR.

3.1.2. Software de Gestión de Datos de Contadores – MDM

Una de las piezas claves de las infraestructuras “Smart Grids” o redes inteligentes son los denominados MDM (Meter Data Management) o software de Gestión de Datos de Contadores, cuyo objeto es el tratamiento y almacenamiento a largo plazo de de las medidas proporcionadas por el sistema de recolección de datos AMI (Advance Metering Infrastructure) o AMR (Automatic Meter Reading).

Generalmente un sistema MDM importa, valida, filtra y procesa los datos antes de ponerlos a disposición de los sistemas de facturación y análisis. El objetivo es facilitar y flexibilizar la integración con las aplicaciones corporativas de las compañías eléctricas, de modo que sea posible obtener beneficios en los sistemas de facturación, servicio al cliente, gestión de interrupciones y análisis de las operaciones.

El siguiente cuadro resume qué sistema debe ser el encargado de realizar cada una de las tareas de acuerdo con la consultora Gartner Group:

Proceso	**Tecnología**
Adquisición de Datos	Contadores / Concemtradores de Datos (AMI)
Transferencia de Datos	PLC, Mesh, WAN (AMI/Red)
Data Cleansing	Herramientas de Validación, Edición, Estimación (MDM)
Almacenamiento de Datos	MDM
Tratamiento de Datos	MDM
Entrega / Presentación de la Información	Portales, Servicios Web, MDM

Figura 3.1 Reparto de Tareas por Sistemas de acuerdo con Gartner Group

3.1.2.1. Arquitectura de Alto Nivel

En la siguiente figura se muestra la arquitectura genérica de alto nivel de un sistema MDM.

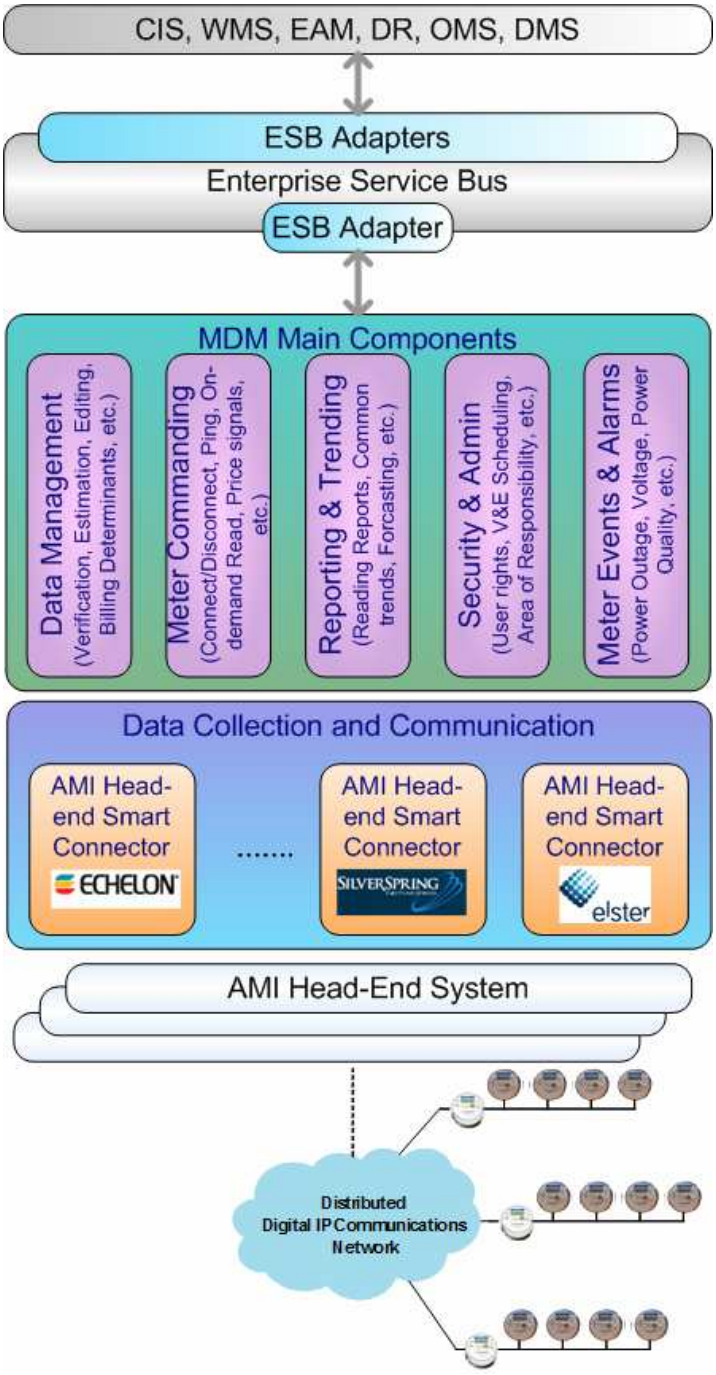

Figura 3.2 Arquitectura de Alto Nivel de un Sistema MDM

Como puede verse en el esquema anterior, la entrada de datos en el sistema se produce principalmente a través de los Head-End (Software de gestión de contadores a bajo nivel) de cada sistema AMI [39]. La integración del sistema MDM con cada sistema de AMI se realiza a través de un conector específicamente diseñado que hace posible el funcionamiento con las interfaces y los modelos de datos propietarios de cada Head-End. Cada conector debe implementar la comunicación entre el MDM y el Head-End o sistema de cabecera de cada fabricante de contadores, consolidar los

datos de lectura de los contadores, recibir notificaciones de nuevos dispositivos, y dar de alta nuevos dispositivos en la base de datos de tiempo real (RTDB). Algunas tareas de verificación y validación de datos podrán ser también realizadas en los conectores.

Estos sistemas de gestión de datos en tiempo real de datos deben ser diseñados bajo los parámetros de alta escalabilidad y alta disponibilidad. Así, en función de los requerimientos del sistema, será necesario implantar el software de gestión de contadores en una o más máquinas. En este mismo sentido, la base de datos de tiempo real (RTDB) de los datos de contadores debe permitir configuraciones redundantes para soportar alta disponibilidad.

El análisis de los datos de tiempo real de los contadores debe proporcionar a los datos un formato adecuado para las aplicaciones corporativas. La interfaz de integración del sistema MDM con otros sistemas debe contar con dos módulos de operación principales:

- **Entrada de Datos y Consultas**

  Debe facilitar la inserción de datos procedentes de otros sistemas en el sistema MDM. Así, por ejemplo, el sistema CIS (Customer Information Service) puede solicitar al MDM la conexión de un cliente, notificar al MDM la existencia de un nuevo cliente o una lectura de contador Ad-hoc. Se trata de un modelo solicitud/respuesta síncrono.

- **Notificaciones de Salida**

  Debe permitir al MDM notificar a otros sistemas la ocurrencia de determinados eventos. El MDM puede, por ejemplo, notificar al OMS (Outage Management System) ausencia de tensión, o notificar al CIS la existencia de nuevos datos disponibles. Se trata de un modelo publicación/suscripción.

El motor VEE (Validación, Edición y Estimación) y el modelado de contadores, junto con la RTDB, deben ser los principales motores de repositorio y lógica de cualquier solución MDM. De este modo, serán los encargados de almacenar los datos entrantes, llevar a cabo el proceso de VEE y realizar los cálculos de alto nivel.

Para la realización de cálculos y análisis de alto nivel, como por ejemplo la extracción de la topología de red de un sistema de información geográfica (GIS) el sistema MDM debe contar al menos con los siguientes módulos:

- **Agregación de Datos**

  Responsable de la agregación de datos desde puntos de servicio a dispositivos de nivel superior en la red eléctrica, como transformadores y fusibles.

- **Motor de Informes**

  Proporciona los datos necesarios para la presentación de informes o reportes. Los informes pueden incluir información de un solo contador o de un conjunto de ellos. Haciendo uso del modelo de red es posible generar informes basados entidades de red como transformadores, barras o subestaciones.

- **Tarificación**

  Hace uso de la información dentro del sistema para dar soporte a complejos modelos de cálculo de tarifas.

La arquitectura software de un MDM debe contar con una estructura multicapa y una serie de interfaces de servicios entre capas. De este modo logramos maximizar la seguridad del sistema, minimizar el acoplamiento entre la infraestructura física y los modelos de datos, y desacoplar lo máximo posible los procesos de negocio y aplicaciones de interfaz de usuario.

La siguiente figura muestra dicha estructura en capas.

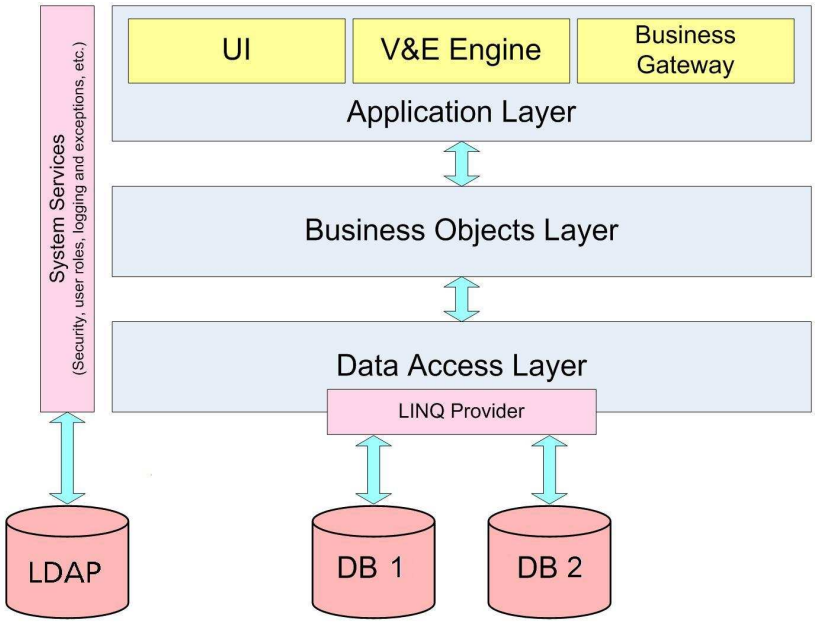

Figura 3.3 Estructura en Capas de un MDM

1. Capa de Acceso a Datos

La capa de acceso a datos (Data Access Layer – DAL) debe implementar los accesos a fuentes de datos de la aplicación, incluyendo las bases de datos relacionales. Es responsable de traducir las fuentes de datos a objetos independientes de la base de datos de origen o el modelo de datos y proporcionar la flexibilidad necesaria para cambiar el modelo de datos sin grandes modificaciones en otras capas. La DAL dará soporte a la lectura, actualización o creación de datos.

2. Capa de Negocio

La capa de negocio (Business Object Layer – BOL) debe realizar la traducción de los objetos de acceso a datos (Data Access Object – DAO) en objetos de negocio (Business Object – BO) que serán utilizados para representar entidades lógicas del sistema, como por ejemplo contadores, clientes, o lecturas. Los BOs podrán ser usados también para representar objetos conceptuales como una regla de VEE.

La capa de negocio define también los objetos de operación que podrán actuar sobre cada BO.

3. Capa de Aplicación

La capa de aplicación debe estar estructurada en tres partes principales:

- La interfaz de usuario (User Interface – UI) es la interfaz de usuario que permitirá a los usuarios visualizar y manipular la aplicación. Debe gestionar la comunicación con la capa de negocio para acceder a los datos y actualizar los mismos, sin necesidad de realizar configuraciones adicionales, por lo que resulta muy recomendable el uso de tecnologías web.
- El motor de Validación y Estimación (V&E) es el servicio encargado de ejecutar las reglas de negocio para validar y estimar las lectura de los contadores. El motor V&E debe ser construido en base a diversas reglas acoplables, directamente programadas en código o construidas haciendo uso de la UI, con capacidad para ser ejecutadas en secuencia. Cada regla de validación implementa una interfaz estándar que le permite recibir datos, realizar inspecciones en ellos, y posiblemente cambiarlos.
- Business Gateway, es la interfaz encargada de comunicar con sistemas externos como son el OMS o el CIS. Como ya se ha mencionado con anterioridad, la puerta de enlace de a la capa de negocios puede funcionar como servidor del esquema solicitud/respuesta, o como fuente de publicación/suscripción.

  Los datos serán almacenados en la base de datos LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), instalada en cada máquina del sistema, es decir, en los servidores de base de datos, de aplicaciones, de V&E, de conectores de Head-End, etc. De este modo, todas las llamadas a la base de datos de configuración serán locales, evitando retardo en las comunicaciones. No obstante, para asegurar un correcto funcionamiento, hay que garantizar una correcta sincronización entre las bases de datos LDAP.

3.1.2.2. Requerimientos de Integración y Negocio

Utilizando la arquitectura descrita, la solución MDM debe asegurar a la compañía eléctrica los siguientes requisitos de integración y negocio.

1. Repositorio de Datos de Lectura

Un sistema MDM debe estar capacitado para establecer conexiones con múltiples sistemas de cabecera e integrar datos procedentes de múltiples fuentes de datos, proporcionando un consumo de energía más preciso. Los conectores Head-End deben proporcionar herramientas para identificar contadores, configurar puntos de datos, y recoger datos de contadores y eventos. El intervalo de lectura debe ser configurable, en base a plantillas definidas para cada contador.

La aplicación debe soportar al menos un canal por contador:

- Capacidad de medir consumo en diferentes intervalos de tiempo (para dar soporte a la tarificación variable).
- Diferentes tipos de lecturas (kWh, kW, kVAR, calidad de la energía).
- Diferentes Utilities (electricidad, gas, agua).
- Registro de todos los eventos: operaciones manuales, ediciones modificaciones de datos.
- Recepción de notificaciones de eventos de interrupción y restablecimiento del suministro, eventos de “no-lectura” y eventos de contadores, como sabotajes, calidad de la energía, y apagado local.

2. Validación, Estimación y Edición (VEE) de Datos

Uno de los aspectos más importantes de un sistema de gestión de datos de contadores es la capacidad para verificar la integridad de datos, o lo que es lo mismo la validación, la estimación, y la edición (VEE).

A diferencia de los sistemas de cabecera que tratan los datos de forma individual, el MDM debe contar con capacidad para ver los datos en perspectiva incluyendo valores pasados y futuros, así como perfiles de contadores y curvas de carga. El objetivo es doble, verificar que la lectura "tiene sentido" y si no es así, permitir la realización de cambios en los datos de forma manual.

Si el sistema toma todos los valores de un cliente de un día completo, y faltan algunos puntos intermedios de lectura, es posible interpolar los datos, ver los datos de consumo de ese cliente de un día similar, o consultar los datos de consumo promedio de este tipo de cliente para ese día para reemplazar los datos perdidos con una estimación precisa.

Un sistema MDM deben proporcionar herramientas para:

- Validar los datos entrantes para identificar datos faltantes y contadores invalidados o manipulados.

- Estimar los datos no válidos, en base a reglas de negocio, y marcar dichos datos como estimados.
- Notificar y marcar el resto de datos no válidos para la corrección manual por parte del usuario.
- Realizar V&E sobre una base diaria, así como sobre la base del ciclo de facturación.
- Solicitar al sistema AMR, nuevas lecturas bajo demanda cuando los datos faltantes no puedan ser estimados.
- Realizar operaciones con los valores de lectura del contador, incluyendo consumo, kWh de entrada, kWh de salida, kVARh de entrada (carga inductiva) y kVARh de salida (carga capacitiva).

3. Modelado, Agregado y Análisis de Datos

Capacidad de asignar a cada contador una plantilla de contador tipo, es decir, un perfil de contador típico como por ejemplo 3Ø/40A para residencias habituales, o un 1Ø/25A para residencias de verano.

La conectividad de red puede ser definida a partir de interfaces estándares que permitan importar la información de conectividad de la red de las aplicaciones GIS o DMS. Por otra parte, la topología de red derivada de los atributos disponibles (como el identificador de transformador, de barra o de línea) puede ser utilizada para determinar las pérdidas en la red o modelar las cargas en el futuro.

De este modo resulta posible agregar datos a los dispositivos de más alto nivel en la red (transformadores, fusibles o interruptores) para comparar los resultados con otros datos medidos y/o calculados (proporcionados por las aplicaciones SCADA/DMS).

El sistema MDM debe soportar agregado virtual de varios contadores:

- Un contador virtual puede tener asociado uno o más contadores, permitiendo a los usuarios agregar y eliminar contadores a discreción.
- Un contador físico puede estar asociado a más de un medidor virtual.
- El sistema compara los valores de los contadores virtuales con valores de otros dispositivos (como la información de SCADA).

El sistema debe proporcionar capacidad de análisis para investigar:

- Robos de energía y proteger los ingresos.
- Dimensionamiento de fusibles.
- Pérdidas de red y sobrecargas.

- Datos incoherentes con los datos de otros dispositivos similares.
- Sistema de previsiones (optimista, pesimista, situaciones de tormenta).

El sistema debe proporcionar curvas de carga por cliente, por tipo de cliente, o por región para identificar contadores similares.

4. Presentación de Informes

La solución MDM debe proporcionar un conjunto de reportes incluyendo información de uso por cliente, uso de agregado por áreas, excepciones, errores de lecturas, posibles puntos de robo, puntos de sobrecarga o infrautilización del sistema y entrega de datos del Head-End entre otros.

La solución debe permitir al usuario definir y guardar nuevos informes para su posterior uso, así como realizar configuraciones ad-hoc de los informes existentes.

Los informes pueden ser visualizados a través de las pantallas de interfaz de usuario del centro de control, ser enviados a los equipos de impresión o a otros sistemas en un formato estándar de intercambio de datos como XML o CSV.

5. Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario debe estar basada en módulos para permitir su ajuste a las necesidades específicas de los usuarios, de modo que permita obtener una imagen clara, concisa e intuitiva del sistema.

Debe soportar búsquedas de clientes por diferentes parámetros (contador, tipo de facturación, tipo de cliente, número de cuenta, eventos y excepciones) proporcionando información detallada sobre las excepciones y la información histórica.

Los permisos de acceso a las operaciones deben ser asignados por tipo de operación y área de responsabilidad, de forma que cuando un usuario determinado inicie sesión disponga de acceso a aquellas operaciones a las que debe acceder según su perfil solamente. El objetivo es que haciendo uso de esta interfaz, la mayoría de las operaciones diarias tomen al operador apenas unos segundos.

Por último, una interfaz dedicada a los clientes, deberá permitir a los mismos visualizar sus datos de consumo.

6. Puntos de Integración del Sistema

Sin duda, la clave para el funcionamiento de una solución MDM es su integración con otros sistemas externos para recibir datos de instalación de contadores, de cambios de contadores, solicitudes de conexión y desconexión de contadores, solicitudes de lectura de contadores (por lotes y ad-hoc), y lecturas de contadores manuales (no proporcionadas por el AMR).

El sistema debe reportar los datos de lectura a los sistemas de facturación, exportar datos (curvas de carga y pérdidas) a los sistemas de ingeniería, y enviar informes individuales de contadores o informes de contadores agregados a los sistemas externos.

Eventos como la no lectura de un contador o un área, la alarma de manipulación o robo, y la sobreexplotación (cuando la energía agregada está por encima del umbral de disparo) o subexplotación del sistema (cuando la energía agregada está por debajo del umbral de disparo) deben ser configurables en base a las reglas del negocio.

El sistema debe facilitar la conexión entre el sistema de lectura automática de contadores (AMR) y el sistema de gestión de incidencias (OMS) enviando notificaciones de eventos y realizando pruebas de post-interrupción.

7. Requerimientos de Sistema Distribuido

El sistema debe ser escalable y distribuido, para soportar la aplicación a gran escala que necesitan los sistemas de recogida de datos distribuidos a lo largo de varias áreas geográficas. La recolección de datos y la funcionalidad de la V&E son realizadas en sistemas distribuidos. Posteriormente, los datos son enviados a un repositorio central para su análisis en conjunto.

8. Sistema de Administración

La administración del sistema MDM debe realizarse a través de sus diferentes módulos. El modulo de gestión se encarga del manejo de las normas de validación de contadores, cortes de suministro, eventos y cualquier tipo de validación.

El módulo de reporte se utiliza para elaborar informes específicos orientados al control de la calidad y la capacidad de reporte de eventos. Para la gestión del servicio, es necesario el manejo de información estructural de la red, la subestación, el punto de medición, el contador y el registro.

La seguridad en los componentes del sistema se basa generalmente en el Active Directory de Windows a nivel de objeto.

3.1.2.3. Funcionamiento de un sistema MDM

1. Medidas del Contador

El MDM recoge datos de múltiples fuentes y debe ser empleado como un almacén permanente de lecturas e informes, a los que será posible acceder para realizar revisiones de lecturas y eventos rápidamente.

Los datos deben ser almacenados de acuerdo con las siguientes premisas:

- Permitir históricos de valores (estimado, leído, editado) y sus estados.

- Proporcionar control de versiones.
- Configuración de metadatos con posibilidad de tener en cuenta casos especiales.
- Validación de datos según un conjunto abierto de reglas configurables que pueden ser utilizadas para crear notificaciones, alertas o confirmaciones.

2. Calidad de la Energía

La solución MDM debe identificar los contadores con una tensión por debajo del umbral especificado y enviar una alarma al centro de control que deberá activar en el sistema DMS la función de control V/VAR para corregir la anomalía. Una vez activadas las medidas correctoras por parte del sistema DMS, los valores de calidad de la energía recibidos por el sistema AMI permitirán verificar los resultados obtenidos.

Los informes de calidad de energía deben ser personalizables. Datos y eventos son adquiridos y almacenados a través de los conectores de Head-End de modo que es posible definir diferentes reglas de validación en función de las capacidades de los contadores.

3. Interrupciones en el Suministro Eléctrico

Para una gestión avanzada de las interrupciones del suministro, la solución MDM debe almacenar información histórica de los cortes de energía y las interfaces con el OMS haciendo uso de la capa de enlace a la capa de negocios. Esta funcionalidad de be proporcionar:

- Verificación del estado de energización del contador.
- Control de las interrupciones de suministro reportadas por el cliente.
- Comprobación de la duración de las interrupciones.
- Comprobación de la restauración del suministro.

4. Pérdidas en la Red

La solución MDM debe permitir la detección de pérdidas en la red, incluyendo tanto las perdidas técnicas como las comerciales:

- Agregado a diferentes niveles incluyendo los puntos de entrega, los centros de transformación, o la red de una determinada área.
- Detección por comparación con los valores medidos a esos niveles.

Esta funcionalidad debe dar soporte también a las tareas de planificación de la red y a la gestión de activos inteligente.

5. Procesamiento Remoto

La capa de enlace con el negocio debe recibir, planificar, y responder a las solicitudes de servicio. Estrechamente unida a los conectores del sistema de cabecera, debe proporcionar comunicaciones rápidas y bidireccionales con los sistemas AMI para:

- Realizar conexiones/desconexiones remotas.
- Hacer ping a los contadores.
- Realizar lecturas bajo demanda.

El sistema debe ser capaz de determinar que funciones están disponibles para cada modelo de contador.

3.2. Hardware del Centro de Control

3.2.1. Arquitectura Genérica

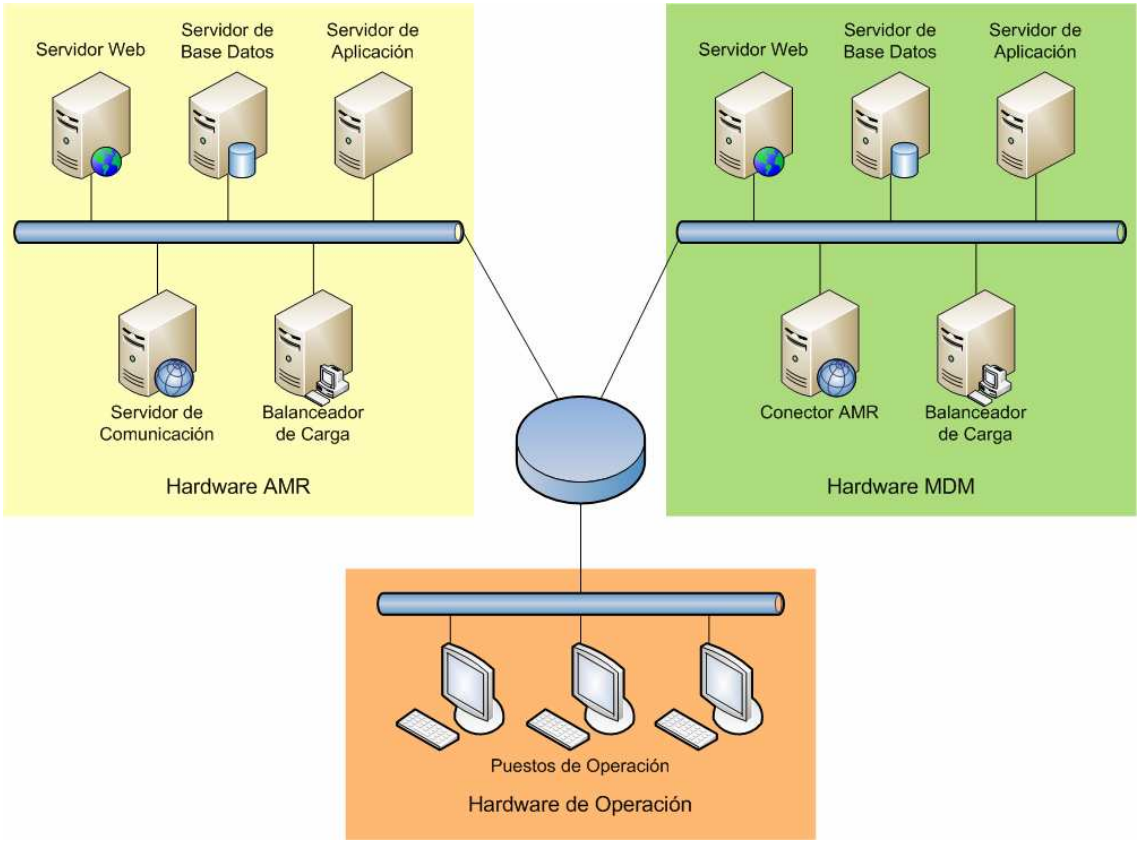

Figura 3.4 Arquitectura Hardware de un Sistema AMR / MDM

La figura anterior muestra de forma genérica los diversos subsistemas de los que se compone el centro de control de un sistema AMR / MDM.

Como vemos existen tres sistemas claramente diferenciados:

- Sistema AMR compuesto por los servidores AMR.
- Sistema MDM compuesto por los servidores MDM.
- Sistema de operación compuesto por las estaciones de operación.

En el caso del equipamiento hardware del sistema AMR incluye:

- Uno o más servidores de comunicación encargados de gestionar la recolección de datos procedente de los contadores a través de los concentradores de datos. El número de servidores de comunicación necesarios está correlacionado con el número de contadores instalados.
- Uno o más servidores de base de datos encargados de almacenar las medidas recolectadas de los contadores, así como las alarmas y eventos del sistema.

En este caso el número de servidores y la capacidad de almacenamiento de los mismos es también función del número de contadores instalados.

- Uno o más servidores de aplicación encargados de dar soporte a los equipos de operación (clientes) y ejecutar los procesos del sistema. El número de servidores es función del número de contadores y de los puestos de operación instalados.
- Uno o más servidores de acceso remoto a la aplicación para gestionar el acceso, normalmente en modo visualización, de operadores del sistema fuera de la LAN del centro de control ubicados en la red corporativa de la compañía eléctrica. El número de servidores es función del número de los puestos de operación remotos que concurrirán en el acceso al sistema.
- Un servidor balanceador de carga encargado de distribuir la carga de trabajo de cada subsistema de acuerdo con el número de servidores con el que está equipado.

En el caso del equipamiento hardware del sistema MDM incluye:

- Uno o más servidores de conexión a los datos del sistema AMR encargados adquirir los datos de medida. El número de servidores de comunicación necesarios está correlacionado con el número de contadores instalados.
- Uno o más servidores de base de datos encargados de almacenar las medidas recolectadas de los contadores, así como los datos de validación y estimación típicos de este tipo de sistemas. En este caso el número de servidores y la capacidad de almacenamiento de los mismos es también función del número de contadores instalados.
- Uno o más servidores de aplicación encargados de dar soporte a los equipos de operación (clientes) y ejecutar los procesos de validación y estimación del sistema. El número de servidores es función del número de contadores y de los puestos de operación instalados.
- Uno o más servidores de acceso remoto a la aplicación para gestionar el acceso, normalmente en modo visualización, de operadores del sistema fuera de la LAN del centro de control ubicados en la red corporativa de la compañía eléctrica. El número de servidores es función del número de los puestos de operación remotos que concurrirán en el acceso al sistema.
- Un servidor balanceador de carga encargado de distribuir la carga de trabajo de cada subsistema de acuerdo con el número de servidores con el que está equipado.

Por último el sistema de operación incluye un cierto número de estaciones de operación para manejar el sistema.

3.2.2. Solución Hardware

En este tipo de sistemas en los que el centro de control debe ser altamente escalable y el número de servidores es bastante elevado, es habitual el uso de servidores tipo Blade debido a su tamaño reducido y sus altas prestaciones en lo que respecta a capacidad de proceso.

La siguiente figura muestra la arquitectura genérica del centro de control de un sistema AMR.

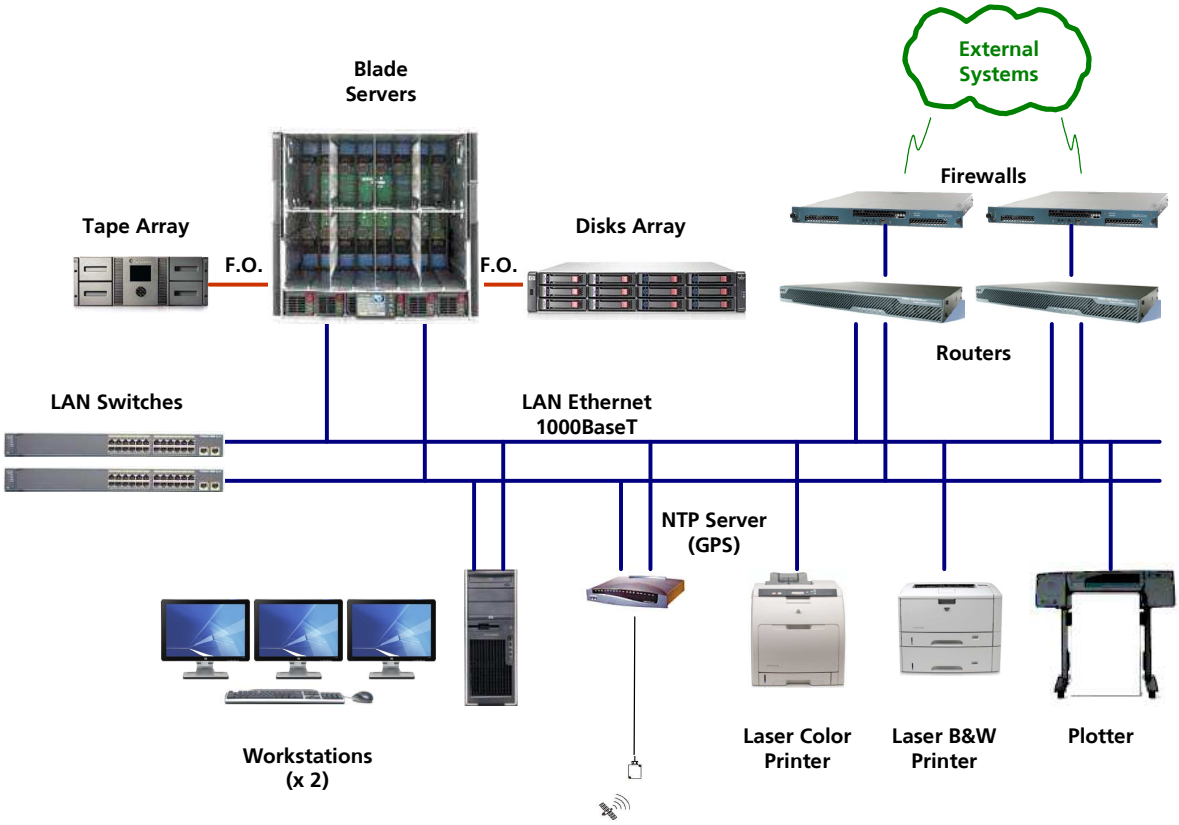

Figura 3.5 Centro de Control Tipo de un Sistema AMR / MDM

A continuación se detalla el listado de equipos tipo para un Centro de Control estándar basado en equipos de la marca HP:

Modelo	Descripción
HP 10642 G2	Universal Rack (42 U)
HP BL 460c G6	Servidor Blade
HP BLc7000	Chasis Blade
HP MSA2024	Array de Discos

Modelo	Descripción
HP xw4600	Puesto de Operación
HP LP2475w	Monitor TFT de 24”

Se describen a continuación las características fundamentales de lo equipos involucrados en el centro de control tomando como referencia los equipos de la marca HP enumerados con anterioridad.

3.2.2.1. Rack

Los servidores incluidos en la solución hardware del centro de control deben ser alojados en un gabinete apropiado, como puede ser el Rack Universal 10642 G2 de HP.

Este tipo de alojamientos dota a la solución de características fundamentales como son la integridad estructural de los equipos, una adecuada refrigeración y una administración óptima del cableado, permitiendo en definitiva una protección optima de los equipos.

3.2.2.2. Monitor y Teclado para Montaje en Rack

Para una adecuada administración de los servidores alojados en el rack, resulta de gran utilidad el uso de una consola de operación de montaje en bastidor como puede ser el modelo TFT7600 RKM (Rackmount Keybord and Monitor) de HP, que combina una pantalla WXGA de 17” y un teclado, dotado con capacidad de conexión a un switch KVM (Keyboard, Video, Mouse).

3.2.2.3. Servidores Blade

Los servidores blade son la solución de servidor más eficiente que existe en la actualidad, posibilitando la reducción de los costes de mantenimiento, gestión de redes, operación y disponibilidad.

Un sistema blade es una infraestructura en una caja con la que es posible construir soluciones más asequibles, con menores requerimientos de mantenimiento, que consumen menos energía y que está listo para crecer.

Este tipo de solución basada en servidores blade aborda los problemas de coste, tiempo, consumo y flexibilidad inherente a las soluciones hardware basadas en servidores tradicionales desde la fase de diseño.

Cada servidor blade se inserta en el blade enclosure que proporciona redundancia, conexiones de red y sistemas de alimentación y ventilación compartidos mucho más eficientes.

Una de las soluciones tipo blade más popular, con una cuota de mercado del 25%, es el servidor ProLiant BL460c G6 de HP, que cuenta con dos procesadores, dos unidades de disco duro de conexión en caliente de hasta 192 GB de memoria, 12 ranuras DIMM y un puerto dual de 10 Gigabit Ethernet.

Si bien los requerimientos de conectividad y memoria RAM dependen en gran medida de la funcionalidad de los servidores (según sea de Aplicación, Base de Datos o Comunicación), se detalla a continuación una configuración típica del servidor HP ProLiant BL460c G6 para este tipo de proyectos:

- 2 x Intel Xeon Quad Core E5540 (2,53 GHz, 8 MB de caché L3, FSB de 1066).
- 16 GB de RAM.
- 2 x unidad de disco duro SAS de 72 GB, 15Krpm, 2.5".
- Adaptador NC325m NIC BLC.
- QLogic QMH2562 8 Gb HBA de canal de fibra.
- NC532i de doble puerto integrado Flex-10 10GbE para servidor multifunción.
- Controlador HP Smart Array P410i (RAID 0 / 1).

3.2.2.4. Blade Enclosure

Los servidores blade deben ser alojados en un enclousure, como el modelo BLc7000 de HP, para proporcionar alimentación, refrigeración, y una infraestructura de E/S requeridas por este tipo de servidores. Cada enclousure tiene capacidad para alojar hasta 16 servidores y/o almacenamiento en red, e incluye un bus de comunicación compartido de 5 Terabits por segundo para conectar los servidores blade y el almacenamiento de red.

La alimentación es distribuida a través de de un backplane que garantiza que toda la potencia disponible en las fuentes de alimentación está disponible para los servidores blade.

3.2.2.5. Array de Discos

Para el almacenamiento masivo de datos de un sistema AMR/MDM resulta fundamental el uso de array de discos.

El modelo StorageWorks 2000fc G2 Modular Smart Array (MSA2000fc) de HP representa un modelo de MSA con las últimas características tecnológicas y funcionales. Se trata de un dispositivo de Almacenamiento de Red (Storage Area Network – SAN) con un interfaz de conexión de fibra óptica es de 4Gb. El controlador del chasis incluye 24 bahías para unidades SFF (Small Form Factor) de 2,5 pulgadas con una capacidad de hasta 29,7 TB usando tecnología SAS o 11,8 TB usando tecnología SATA.

Se detalla a continuación una configuración típica para este tipo de proyectos:

- Dos (2) controladores de array HP 2300fc.
- Dieciocho (18) discos duros de 300 GB de HP MSA2 15K RPM SAS de 2,5".
- Configuración RAID-1.
- Tecnología de conexión en caliente con compatibilidad para la expansión, discos, fuentes de alimentación, ventiladores I y módulos E / S, lo que permite un mantenimiento sencillo y seguro.
- Capacidad de transferencia: 4 Gbps.
- Memoria caché: 2 GB.

3.2.2.6. Puestos de Operación

Se detalla a continuación las características técnicas de un puesto de operación basado en una configuración genérica de la Workstation xw4600 de HP.

- Sistema Operativo: Microsoft Windows Vista Business 32 bits.
- Procesador: Intel Core 2 Duo E8300 2.83 GHz 6MB/1333.
- Memória RAM: 4 GB (2x2GB) DDR2-800 ECC.
- Tarjeta gráfica: NVIDIA Quadro NVS 256M 290 PCIe.
- Disco duro: HP SAS de 146 GB a 3 Gb / s NCQ 7200.
- Teclado estándar.
- Ratón óptico USB.
- Reproductor óptico: HP SATA 16X SuperMulti DVD + /-RW.
- Interfaz de red: 2 x Ethernet 10/100/1000.
- Monitor: LP2475w HP de 24":