Volver

UNIFIED & INTELLIGENT UPSTREAM

Gustavo Adolfo Giaccio, Cisco Systems, gugiacci@cisco.com

Colaboradores:

Mauro Cappella, YPF, mauro.cappella@ypf.com
Luis Aiassa, Rakiduamn, luis.aiassa@rakiduamn.com.ar
Fernando Maura, Silk Technologies, fernando.maura@silk-technologies.com
Gustavo Spinelli, Cisco Systems, gspinell@cisco.com

SINOPSIS

El Upstream inteligente y unificado consiste en una arquitectura tecnológica y completa compuesta por varias soluciones de diferentes proveedores que le permiten a la perforación y al workover, a la exploración y a la operación disponer de los costos más bajos, de flexibilidad, de seguridad, de escalabilidad de innovación, de eficiencia y sobre todo de una única plataforma convergente de servicios, en donde el límite de los mismos es la imaginación.

En el trabajo se describe dicha arquitectura, sus componente y sus beneficios a partir de un relevamiento realizado en Vaca Muerta en el último semestre del 2014 y de un posterior armado de maquetas y demostraciones realizados por especialistas de Cisco, de algunos de los socios que componen esta arquitectura y de YPF como usuario.

El diseño contempla diferentes beneficios como ser flexibilidad la misma se provee mediante estándares abiertos del mercado para que las marcas puedan interactuar entre sí. La unificación también muestra la actual convergencia de los mundos de IT & OT que proveer una única plataforma para desarrollar los servicios de valor agregado. Mediante el agregado de ancho de banda en las locaciones se pueden agregar servicios de valor agregado para proveer seguridad mediante soluciones de video vigilancia, experto remotos que bajan los costos y mejoran los tiempos de respuesta ya sea por temas relacionados con la operación o la perforación o incluso por temas médicos ante incidentes, también se provee integración de las comunicaciones, telefonía, equipos de radio VHF, telefonía celular y chat todos conectados y unificados y por último control de acceso para saber quienes están o estuvieron en el pozo o en el campamento de perforación, cuanto tiempo permanecieron, que cuadrilla se encuentra más cerca de la locación, etc, etc. toda esta información en tiempo real.

Lo descripto esta provisto mediante una mirada diferente y tecnológica que ayuda a innovar y mejorar el upstream, todo esto está provisto en la arquitectura denomina: “**Upstream Inteligente y Unificado”.**

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo comienza con la posibilidad que posee la Argentina de revertir la matriz energética nacional para volver a ser un país exportador de energía. Debido a esto el estado argentino tomo la decisión a fines del 2012 de volver a nacionalizar la principal empresa local en materia de petróleo y gas, YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales).A partir del 2013 la empresa tomo un giro estratégico muy importante en donde el foco principal de revertir la matriz energética del país se planea en función de aumentar la producción de petróleo y gas, y para lograr esto la clave está en la explotación masiva del no convencional *("shale")*, principalmente la zona de Vaca Muerta. De hecho en dicho plan YPF determina que la mayor parte de sus inversiones en los próximos años estarán destinadas al negocio de extraer el petróleo y el gas, esto en el ambiente se denomina como *"upstream"*

Una vez que se definió el negocio lo que resta es ver que se puede sumar en este aspecto. Como mi conocimiento profesional se basa en las telecomunicaciones y las tecnologías aplicadas a ellas, de hecho hace más de 10 años que trabajo en Cisco Systems que es una compañía mundial de liderazgo en este ámbito de las telecomunicaciones, la idea es ver como con tecnología se complementa al negocio para hacerlo más exitoso o lo que en inglés se dice *"Business Outcomes"*.

Por lo tanto se busca transformar y otorgarle nuevas capacidades a la extracción de petróleo y gas pero adaptadas al contexto país y utilizando la experiencia de otros países como la de Estados Unidos. Entre las principales capacidades sobresalen : la flexibilidad, el ahorro de costos, la convergencia de diferentes tecnologías, la simplicidad, la eficiencia, la rapidez y nuevos servicios, todos estos atributos se resumen en "Inteligente y Unificado" y este el lo que se muestra en el presente documento, la capacidad de agregarle inteligencia y unificación al negocio del upstream.

Además de mi visión, la visión de la gente de IT de YPF eran coincidentes, de hecho, ellos ya habían comenzado con expandir los servicios de IT al upstream en el proyecto denominado "Redline" y que ahora de denomina "Red Outdoor Extendida", entonces junto a ellos se decidió armar el trabajo tomando lo ya realizado por IT de YPF y seguir con el relevamiento del upstream de YPF en la zona de Vaca Muerta para determinar las necesidades actuales y de nuestra realidad. Luego y en función de un posterior análisis se plantea una arquitectura tecnológica para aportarle al negocio la unificación y la inteligencia para cerrar el camino con una pequeña maqueta realizada en campo.

Cabe aclarar que dicho trabajo aplica a cualquier empresa del rubro que desee transformar su upstream igualmente se recomienda hacer un relevamiento previo del lugar y de las necesidades puntuales de cada empresa en particular ya que esto le puede otorgar matices diferentes a la arquitectura.

Para realizar el trabajo y conformar un documento consistente se construyó un equipo con Mauro Cappella (Jefe de Comunicaciones de YPF), Luis Aiassa (Socio Gerente de Rakiduamn), Fernando Maura (Director de Ingeniería de Silk Technologies), Gustavo Spinelli (Ingeniero para YPF de Cisco Systems) y Gustavo Giaccio (Comercial para YPF de Cisco Systems). Mauro cooperó con las visitas al upstream de YPF, y su visión desde un punto de vista de las comunicaciones del operador ya que posee una basta experiencia en IT y en YPF, Luis provee servicios en el upstream, en Vaca Muerta, a YPF y otros operadores, ya que coopero con su visión de servicios, de la realidad de nuestro upstream y de conocimientos de petróleo y gas, Fernando coopero con su visión y conocimiento de OT, ya que trabajó 9 años en Honeywell, y la convergencia con IT y por último los dos Gustavos cooperamos con el conocimiento de la tecnología y su desarrollo.

DESARROLLO

El Relevamiento

El trabajo se comienza con un relevamiento de la realidad del “upstream” en la zona denominada Vaca Muerta en la provincia de Neuquén cercana al pueblo de Añelo, en el campamento de Loma Campana, por lo cual entre los meses de Septiembre y Diciembre del 2014 se visitaron diferentes sitios en dicho lugar con la única finalidad de obtener las necesidades de la realidad argentina en el campo y sumarlo a lo ya hecho por IT de YPF.
De acuerdo con la teoría un campo petrolero se compone de los siguientes sitios, como se muestra en la figura 1.

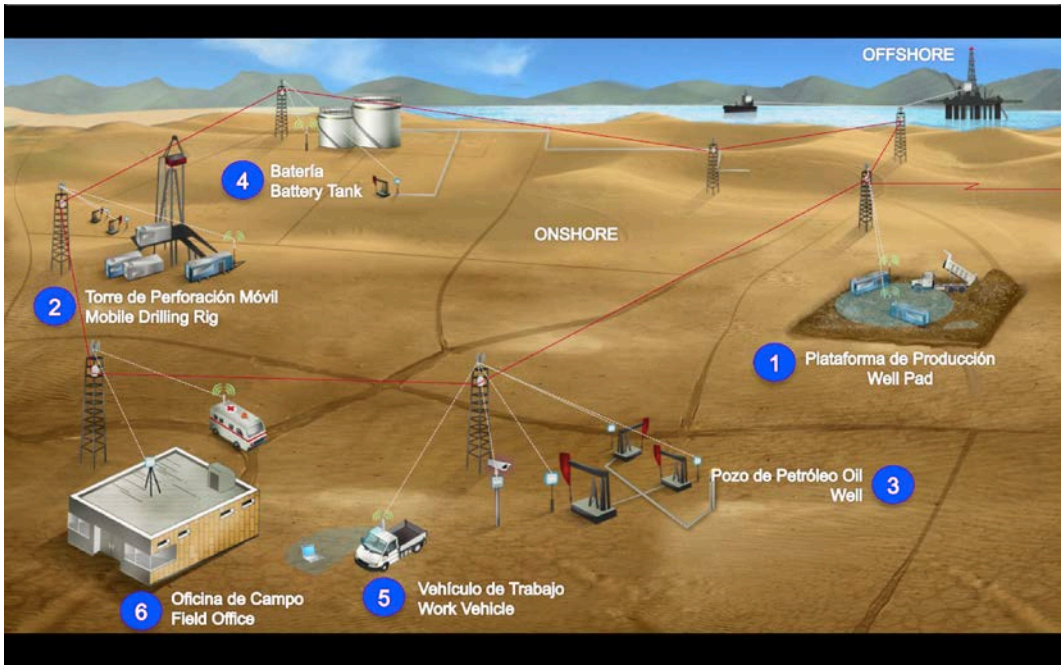

Figura 1. Campo petrolero teórico

Por lo tanto se definió relevar lo siguiente:

1) Plataformas de Producción
2) Torres de Perforación
3) Pozos (Exploratorios y Productivos)
4) Baterías
5) Vehículos de Trabajo
6) Oficinas de Campo

En cada uno de estos sitios la idea fue observar y entrevistar a diferentes usuarios entre los cuales se encuentran los operarios de las empresas petroleras, de las empresas de servicios y terceros como ser proveedores de diferentes tecnologías utilizadas en los mismos.
Además para obtener más información se asistió al evento de Oil & Gas desarrollado por el IAPG entre el 1 y el 4 de Octubre en la ciudad de Neuquén en donde se visitaron diferentes expositores y se asistió a algunas de las charlas gratuitas que se dictaron en el mismo.

En la figura 2 se muestran algunas de las imágenes que sirvieron como base del relevamiento realizado para que analizando las mismas, juntos con lo que se vió, lo que se entrevistó y aprendió en el mismo den como resultado las necesidades que a nuestro entender se deben atender en el campo.

Figura 2. Imágenes del relevamiento

Las imágenes corresponden a visitas realizadas a las instalaciones de YPF en Loma Campana situado a unos 4 km aproximadamente del pueblo de Añelo, y a pozos, baterías y perforaciones cercanas a dicho campamento.
Se analizaron diferentes aspectos relacionados con la operación, como se manejan ante incidentes, cuales son los costos, cuales son los deseos, como se imagina el futuro, los factores climáticos, las tendencias y algunos otros aspectos relevantes, todo mediante la inspección visual del sitio, las consultas a diferentes integrantes de los equipos de perforación y de operación y también se relevaron actividades consideradas de importancia como el tema de la salud ya que para YPF la seguridad de los empleados es considerada clave y esto se puede ver en el ADN de la empresa.

Las Necesidades

Luego de analizar el relevamiento se comenzó a definir cuales son las necesidades del upstream para nuestro país y en un entorno mundial en donde el precio del barril esta en niveles muy bajos y Estados Unidos tomo un rol protagónico, entonces las necesidades relevadas fueron:

1) Bajar costos operativos y de capital (CAPEX y OPEX)
   Se desea disminuir los costos de la operación en el campo, por un lado el contexto mundial en donde el barril tiene un costo por debajo de los u$s 40 presiona a que se busquen soluciones que permitan bajar los costos en el armado manteniendo el mismo nivel de funcionalidad, la integración juega un papel clave en este aspecto.

2) Obtener eficiencia operativa
   Se busca optimizar los procesos operativos en el campo para obtener mejoras en los tiempos, en el funcionamiento, respuesta ante eventos , etc.

3) Llevar la red corporativa al campo
   Se desea que en el campo estén los mismos servicios corporativos que se poseen en el campamento para tener acceso a la información en cualquier punto del mismo.

4) Mejorar los Ancho de Banda y las Demoras
   Actualmente gran parte del campo está cubierto por enlaces satelitáles que limitan el ancho de banda, esto se traduce en que los servicios están limitados y que además algunos de ellos se ven afectados por las demoras que poseen este tipo de enlaces.

5) Localizar y registrar la actividad en las locaciones (Pozos, Perforaciones, etc.)
   Actualmente se utiliza la confianza en muchos casos, pero a medida que la cantidad de locaciones aumente se vuelve indispensable automatizar un método que permita saber por ejemplo quien o quienes están en un pozo o en una perforación, cuantas veces por mes los recorren, etc, etc.

6) Seguridad en el trasnporte de la información
   La información de una perforación, de un pozo, etc es clave, que desde el punto que se genera hasta el centro de cómputo, este debidamente segurizada, esto hace referencia a encriptar y asegurar la integridad de la información.

7) Seguridad Física y Video Vigilancia
   Debido al crecimiento actual y futuro de la zona, la actividad está aumentando exponencialemente y los hechos de vandalismo y robo también, debido a esto que un método de seguridad física y un control visual mediante videocámaras se hace necesario en el campo.

8) Telemetría en tiempo real
   Tanto en la perforación como en la medición de un pozo exploratorio y productivo se hace indispensable que la información no se vea limitada, por ejemplo en la perforación es clave poder tener ancho de bandas y demoras mínimas para que por ejemplo se puedan centralizar, analizar y modelizar la información de manera casi instantánea.

9) Integración de las redes y las tecnologías
   En el campo actualmente se encuentran muchas tecnologías, redes y operadores que hacen dificil la operación, la interoperabilidad y el crecimiento de las mismas, por lo tanto una integración que permita el crecimiento de las misma es necesario.

10) Simplificación Tecnológica
    Atado al punto anterior es un tema importante el hecho de definir protocolos y estándares abiertos que le permitan a las empresas operadoras tener libertad de seleccionar proveedores tecnológicos, hacer acuerdos con otros operadores petroleros y hasta tener la posibilidad de brindarle transporte a terceros como ser el caso de proveedores de servicios para permitirles a estos bajar sus costos.

Para resumir agrupamos las necesidades en tres grandes grupos:

1) Ahorro de Costos
2) Mayor Control y Eficiencia
3) Mayor Seguridad

La Arquitectura

Lo primero que se desea hacer es definir de una forma clara lo siguiente:

1) Que es una arquitectura,
2) Cual es su diferencia con una solución.

Según el punto de vista de este documento se define a una solución como un conjunto de productos de una o varias marcas para satisfacer una necesidad. En cambio una arquitectura es algo mucho más amplio y elaborado. Una arquitectura busca satisfacer más de una necesidad por lo tanto se puede decir que una arquitectura es un conjunto de soluciones pero con la característica de que hay componentes o productos que participan en una o más soluciones de forma tal que la cantidad de componentes se ve reducida que si solo son soluciones separadas o independientes, acá se vuelven dependientes y en donde se busca maximizar la eficiencia, además se debe aclaran que en una arquitectura también se encuentran productos de más de una marca.

Entonces siguiendo en el avance del presente trabajo y definida la palabra arquitectura para este contexto, lo que resta es armar una única arquitectura que nos permita satisfacer las diez necesidades relevadas y descriptas anteriormente.
Para ello y para simplificar el armado de la misma se comienza con definir dos capas:

1) **Capa de Servicios:** en esta capa se colocan los servicios a brindarle al campo, estos van a variar en función del lugar estos es las oficinas, los pozos o un vehículo móvil, pero en todos los casos cumplen con algunos de las necesidades descriptas, por ejemplo en esta capa es importante la reducción de costos, la eficiencia operativa, la localización de objetos, la necesidad de saber que personas fueron a la locación, la seguridad física y sobre todo la telemetría tanto en el proceso de la perforación como en el proceso de operación de un pozo, si bien ***la inteligencia*** la provee toda la arquitectura, en esta capa es en donde se hace más notoria.

2) **Capa de Transporte:** es esta capa se unifican y definen las tecnologías para el transporte de la información de los servicios, esta capa está por debajo de la capa anterior y permite cumplir con el resto de las necesidades como ser, la reducción de costos, la simplificación de la red, la eficiencia en el transporte, la seguridad del transporte de la información y los datos de la telemetría, la capacidad de tener tiempos de transporte bajos y anchos de banda grandes para permitir el análisis en tiempo real esto se hace más notorio en la perforación ya que la información a transportar es mayor y por último esta capa es la responsable de extender la red corporativa al campo, por esto que en esta capa lo más notorio es ***la unificación***.

Por lo tanto y a grandes rasgos la capa de servicios es la responsable de proveer inteligencia al campo, esto hace referencia a los servicios que cambian radicalmente la forma de trabajar en el mismo y la capa de transporte tiene como principal objetivo proveer la unificación, esto es simplificar las tecnologías para ahorrar costos, hacerlas abiertas para ser interoperables y para ser independientes a la hora de elegir proveedores, es por eso que esta arquitectura le provee estos dos complementos que van a cambiar la forma de trabajar en el campo y de allí el nombre del trabajo: “Upstream Inteligente y Unificado”

La figura 4 muestra un esquema de la arquitectura y sus dos capas, en donde en la capa azul de servicios, se diferencian los mismos según el lugar del upstream, y en la capa roja del transporte la diferencia está en los protocolos.

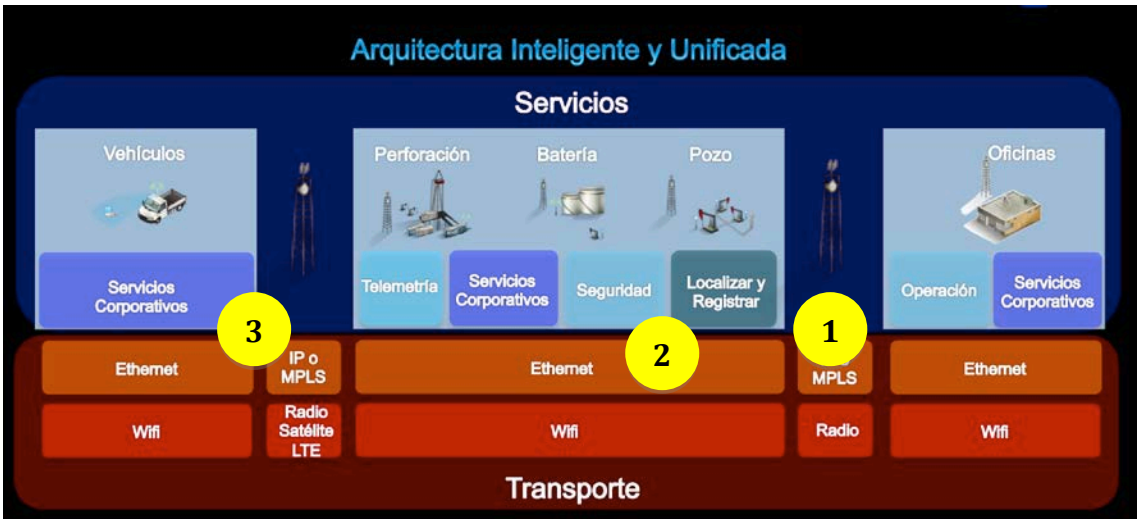

Figura 4. Arquitectura del Upstream Inteligente y Unificado

En el caso de las oficina los servicios y el transporte son una extensión de la red corporativa que actualmente poseen las empresas por lo tanto la idea del trabajo se centra en el resto.
El primer punto a analizar es como se arma una capa de transporte que me permita integrar tecnologías y proveedores, trabajar en tiempo real, que provea seguridad e integridad de los datos de una manera abierta y económica tanto para la compra del equipamiento como para la operación.

En la capa de transporte entre las oficinas y el resto, (ver el número 1 de la Figura 4) se observan dos subcapas, una roja y otra naranja, la capa roja es la encargada de proveer mayor ancho de banda y menor latencia, esto es clave para la necesidad de permitir el tiempo real, actualmente la conectividad es a través de enlaces satelitales mediante la tecnología de VSAT (*Very Small Aperture Terminal o Terminales de Apertura Muy Pequeña*), en nuestra arquitectura se utiliza la tecnología de radio que nos permite mejorar notablemente ambos aspectos a la vez que nos provee la posibilidad de obtener una administración más sencilla que se traduce en menores costos, a continuación se muestra una tabla comparativa de ambas tecnologías:

Característica	Radio	VSAT
Ancho de Banda	100 Mbps	8 Mbps
Latencia	3 ms	400 ms
Instalación	Solo	Ingeniero
Tiempo de puesta en marcha	10 segundos	2 horas
Dependencia del clima	No	Si

Un punto importante a la hora de elegir esta tecnología de radio es evaluar en que rango de frecuencias se va a trabajar ya que si se trabaja en las bandas libres el uso de la misma es gratis pero la interferencia puede ser más alta pero si se trabaja en bandas licenciadas o pagas las interferencias son bajas pero los costos son más altos ya que se debe pagar por el uso de las misma, por lo tanto este es un punto a elegir de importancia.

Generalmente se pueden encontrar equipos comerciales que trabajen en estas bandas:

- 470 to 698 MHz
- 2.0 to 2.3 GHz
- 2.3 to 2.7 GHz
- 3.3 to 3.8 GHz
- 4.9 to 5.9 GHz

En donde en la banda de 2,4 o 5,8 GHz por ejemplo se encuentran las bandas de unos libre en nuestro país, quien maneja el control del espectro en Argentina es la CNC (www.cnc.gob.ar). Generalmente estos radios utilizan la técnica OFDM para transmitir los 1 y 0 (bits) en el aire, el detalle de dicha modulación se puede encontrar
en: http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing

En la subcapa naranja, entre las oficinas y los pozos, se encuentran el protocolo Ethernet cuyo estándar está definido por la IEEE y es el 802.3 utilizado en las redes locales o LAN (Local Area Networks) o en las redes Metropolitanas o MAN (Metropolitan Area Networks), por ejemplo en nuestro caso vamos a tener LAN en el pozo o en las oficinas y se va a tener MAN entre ellos, y por encima de este el protocolo IP (Internet Protocol) definido por el IETF en su estándar RFC 791 conformando una capa de software, se debe aclarar que si bien es el protocolo que se utiliza en Internet, aquí la red es privada no es pública y el objetivo de comunicar redes entre sí se denomina en inglés “Internetworking” y de allí su nombre de Internet o comunicación entre redes.
Esta capa es muy interesante ya que en la misma se deben cumplir con las necesidades de transportar los diferentes servicios a ofrecer por el mismo enlace físico (de radio en dicha arquitectura) por lo cual se necesita diferenciarlos en el transporte ya que cada uno de ellos posee diferentes prioridades y características, por ejemplo la telemetría es más importante que acceder a Internet para navegar por lo tanto debe poseer mayor prioridad o el tráfico de voz es más sensible a la demora o delay que el tráfico de datos, entonces la solución es separar los servicios mediante VLANS (Virtual LAN) o redes virtuales dentro del mismo cable o enlace, para ello se utiliza el siguiente estándar de la IEEE que es el 802.1Q para diferenciar el tráfico y el 802.1p para priorizarlos, este último en tecnología se lo conoce como calidad de servicio o QoS (Quality of Service) para clarificar este concepto tan importante del transporte se muestra la siguiente figura 5:

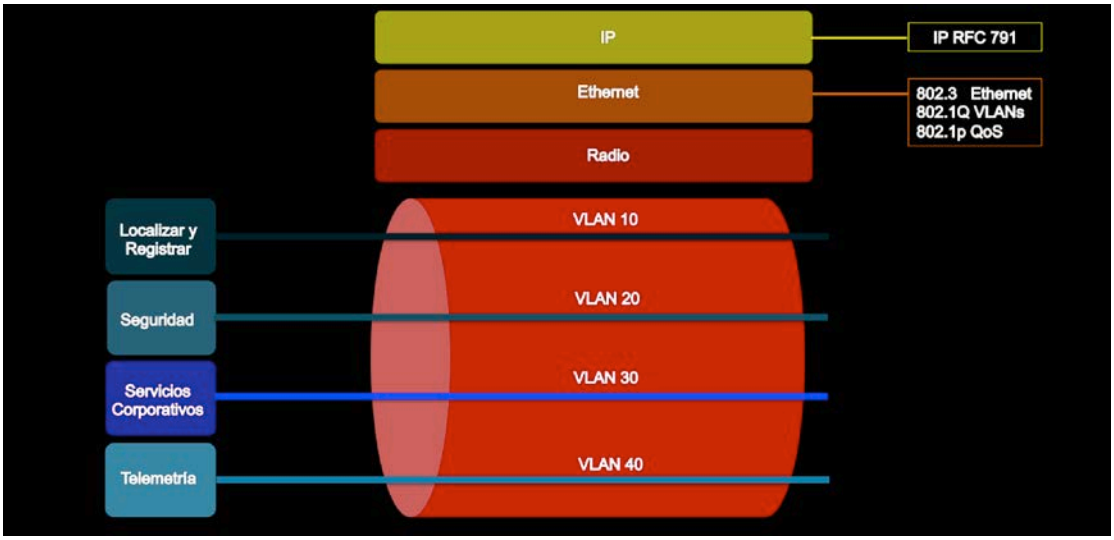

Figura 5. Transporte entre el pozo y las oficinas

En este caso el IP es necesario cuando se necesita pasar tráfico de una red a otra, en este caso de un servicio a otro, de allí su nombre de *“internetwork”* como se mencionó, comúnmente a

esto se lo conoce como ruteo entre VLANs. Para comprender el funcionamiento del transporte se debe mencionar que en la subcapa de radio se transportan unos y ceros, o sea, se ve algo de este estilo 1101010100111111, (estos se transmite mediantes diferentes codificaciones como ser la Manchester) cada uno y cada cero representa un bit, un conjunto de 8 bis es un byte, en la subcapa del Ethernet y en la del IP la vemos que esto se agrupa y hablamos de paquete de datos, en la figura 6 se muestra un diagrama de los paquetes de las subcapas Ethernet e IP, y obviamente dentro del paquete IP lo que se lleva es el servicio. Además se muestra como se recomienda ordenar los servicios en función de las prioridades.

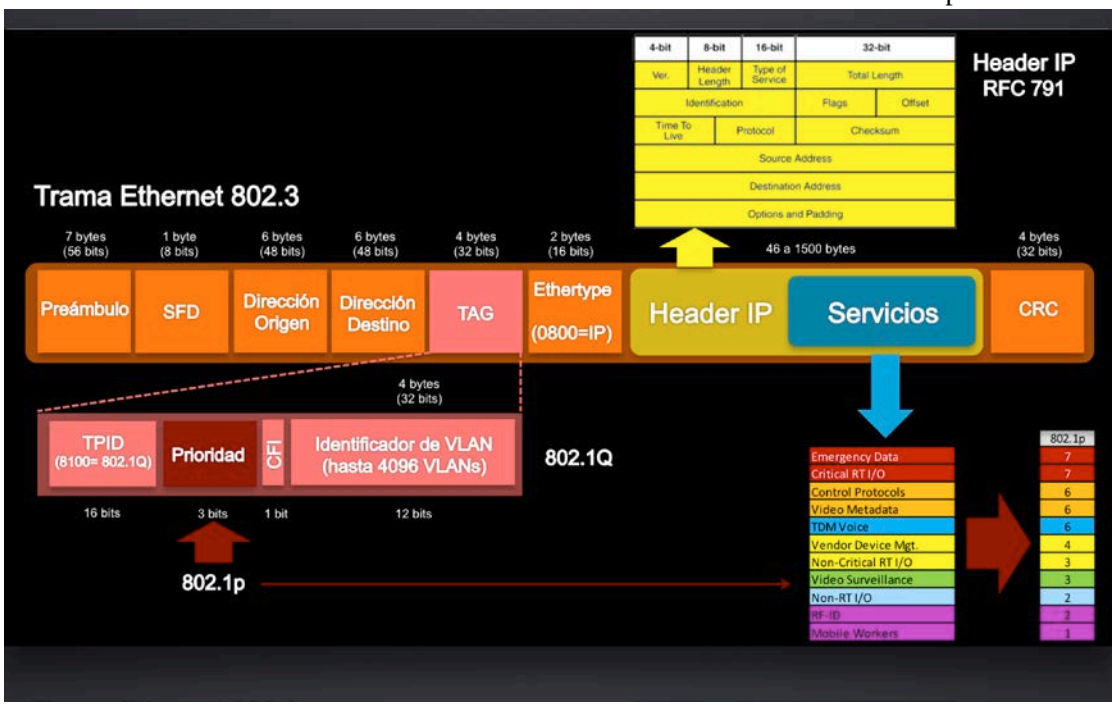

Figura 6. Trama Ethernet, paquete IP y los servicios por prioridad

Si se desea profundizar a cerca del contenido de cada uno de los campos y de las normativas, en el caso de Ethernet se recomienda buscar los estándares en: www.ieee.org y en el caso del IP buscar los RFC en el www.ietf.org, si lo que se busca es un vistazo rápido y resumido para el caso de Ethernet: http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3 y en el caso del IP: http://es.wikipedia.org/wiki/Cabecera_IP

Una mejora opcional o necesidad adicional es si en dicho enlace de radio, al poseer más ancho de banda o capacidad para transportar mayor cantidad de información, se desea llevar tráfico de la empresa y además tráfico de otra empresa o empresas como pueden ser prestadoras de servicios o terceros. Por lo tanto se debe ofrecer la capacidad de tener dos o más de estos enlaces o tubos rojos de la Figura 5 donde cada empresa pueda transportar sus propios servicios o VLANs, esto es lo que utilizan los prestadores de servicios de telecomunicaciones para transportar información de diferentes clientes, para ello se utiliza la tecnología de MPLS (Multiprotocol Label Switching o Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo) es un estándar de IETF y si bien hay varios RFC o normas que lo definen, la arquitectura se describe en el RFC 3031 y la idea consiste en agregar etiquetas que además de identificar los servicios identifiquen los clientes, cliente 1 y dentro de el sus servicios, cliente 2 y dentro de el sus servicios, etc. Si bien se habla de MPLS, entre el Ethernet y el IP es donde se colocan estas etiquetas, por lo tanto el transporte sigue siendo IP.
A esta forma de llevar varios clientes o VPNs (Virtual Private Networks o Redes Privadas Virtuales) se define en el RFC 4364 que reemplaza al anterior 2547, aquí básicamente se muestra como realizar este transporte, en la figura 7 se ve como sería el concepto del transporte de varios clientes o empresas en un único enlace, esto al nivel del paquete se realiza por medio de etiquetas que se agregan al paquete de datos, con una etiqueta se

identifica al servicio y con otra la empresa, cabe agregar que aquí también es clave el tema de la calidad de servicio o QoS para discriminar los servicios dentro del vínculo.

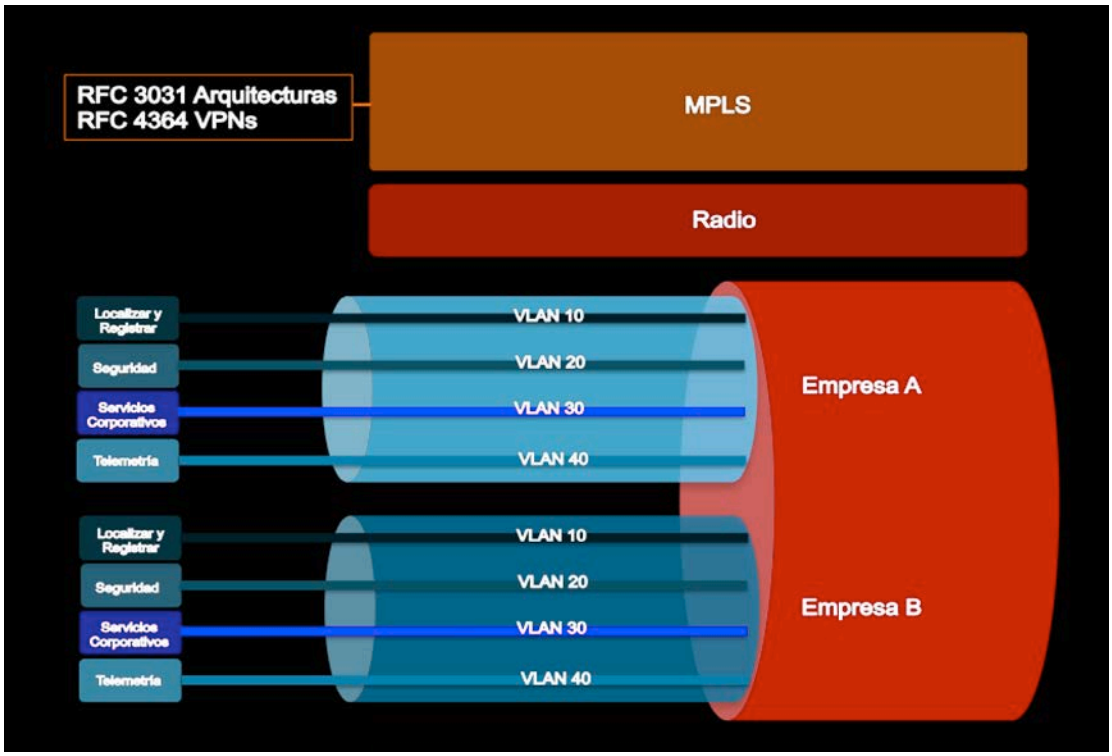

Figura 7. Transporte entre el pozo y las oficinas de dos o más empresas

Ahora bien, si queremos ver una necesidad actual en el campo en el cual apliquen estas soluciones vamos a citar como ejemplo el proceso de perforación.
En la perforación como se muestra en la figura 8, se ve un conjunto de empresas incluida la propia empresa petrolera y también empresas de servicios como ser de transporte, de perforación, de optimización, de agua, etc, este campamento dura aproximadamente entre 30 y 40 días.

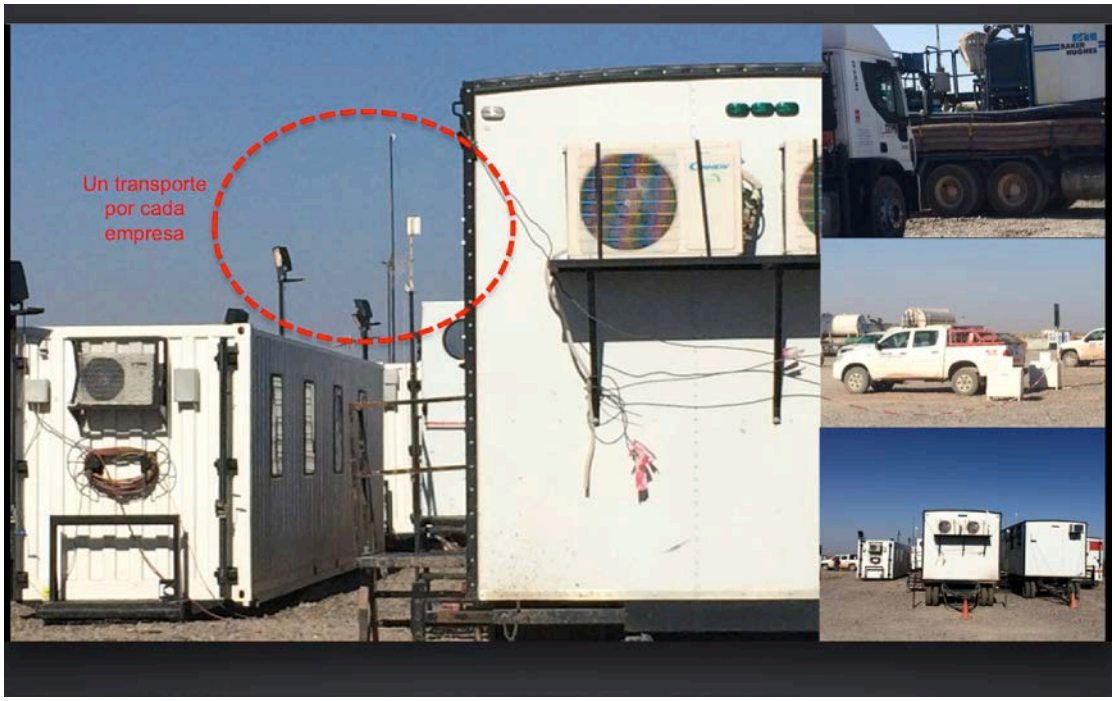

Figura 8. Campamento en el proceso de perforación

Cada empresa provee su propio enlace, entonces para reducir costos y optimizar las comunicaciones una solución redundante con MPLS es muy beneficiosa para estas necesidades, además se debe recordar que esta es gracias al aumento del ancho de banda por medio del radio, que además permite reducir la latencia para otorgarle a los servicios la capacidad de tiempo real. Esta solución no solo reduce los costos de capital sino también los de operación, pensemos que por cada uno de estos enlaces se posee una administración.
Como contra partida esta solución si es ofrecida por la empresa petrolera aumenta el grado de responsabilidad de la misma ya que el personal de IT es la responsable por las comunicaciones de todas las empresas en el pozo o la perforación, pero la reducción de costos es notoria, debido a esto es que dicha solución se ofrece como opcional ya que la definición queda a cargo de la empresa petrolera. Además se debe mencionar que al tener una única red física y una red virtual por cada una de las empresas la simplificación de los equipos y de las redes es muy notoria si se mira al pozo como un todo.

Por último, y sobre todo para cuando el enlace es compartido, la seguridad de la información es clave, entonces para asegurar la información y la integridad de los datos lo que se debe segurizar es el protocolo de transporte IP que es el mismo tanto para la solución de un cliente como para la de varios, para ello el estándar de Seguridad IP o IPSec (IP Security) es el recomendado y el mismo se encuentra en el RFC 4301 en donde se define la arquitectura.
El concepto de encriptar es muy simple y consiste en colocar el paquete IP original dentro de otro paquete IP que provee autenticación e integridad de los datos que otorgan la seguridad deseada.

Entonces como resumen de la capa de transporte entre las oficinas y los pozos, la perforación o las baterías se vió que en la subcapa más baja se coloca el radio que permite satisfacer las necesidades de un mayor ancho de banda y menos latencia, a grandes rasgos es como que se agranda el caño de comunicaciones permitiéndole a los servicios tener la capacidad del tiempo real. Luego en la siguiente subcapa mediante el protocolo Ethernet se logra la separación de los servicios mediante las VLANs, si es necesario compartir información entre estos servicios de la misma empresa entonces se debe agregar la capacidad de ruteo en una subcapa diferente mediante la cual es ejecutada por el protocolo IP.
Si se desea ahorrar costos compartiendo el vínculo entonces la tecnología de MPLS es la habilitadora, y por último la seguridad en el transporte se logra a través del protocolo IPSec.

Comprendida la teoría y su ejemplo de uso lo que resta es ver el equipamiento necesario para armar dicho enlace, como se mencionó se tienen 3 subcapas dentro de la capa de transporte, ellas son:

1) Subcapa 1: Transmisión. Es la capa en donde se colocan los radios que proveen mayor capacidad y menor latencia. Aquí se colocan equipos de radio en donde generalmente se coloca una torre alta en las oficinas o cercanas a ellas y de allí se busca línea de vista hacia los sitios. Generalmente estos equipos llegan a cubrir distancias de hasta 100Km pudiendo extender las mismas mediante repetidoras.

2) Subcapa 2: Enlace. Es la capa en donde se utiliza el protocolo Ethernet mediante los equipos que se denominan switches o conmutadores en castellano. EL switch es el encargado de realizar el manejo de las VLANs.

3) Subcapa 3: Red. Es la capa encargada de realizar la comunicación entre las diferentes redes, manejar las prioridades y la calidad de servicios, el equipo encargado de realizar esta tarea es el router o enrutador, este es el equipo que trabaja con el protocolo IP y que además en este caso es el encargado de proveer la seguridad mediante el protocolo IPSec. En el caso de realizar la opción de transportar múltiples empresas mediante la tecnología de MPLS el equipo que se coloca en esta subcapa debe soportar MPLS, generalmente los ruteadores lo soportan. Por último se debe mencionar que todos los equipos van a estar conectados en

lugares hostiles por lo tanto los mismos deben soportar dichas condiciones climáticas, muchos hacer referencia a equipos industriales, por ejemplo un switch o un router o un radio industrial, para asegurarse de soportar estas condiciones se habla de las normas IEC de la Comisión de Electrotecnia Internacional referentes a campos electromagnéticos, vibraciones, temperaturas y humedades, etc.

Un esquema de conexionado de los equipos que componen esta primera parte de la arquitectura se muestra en la figura 9.

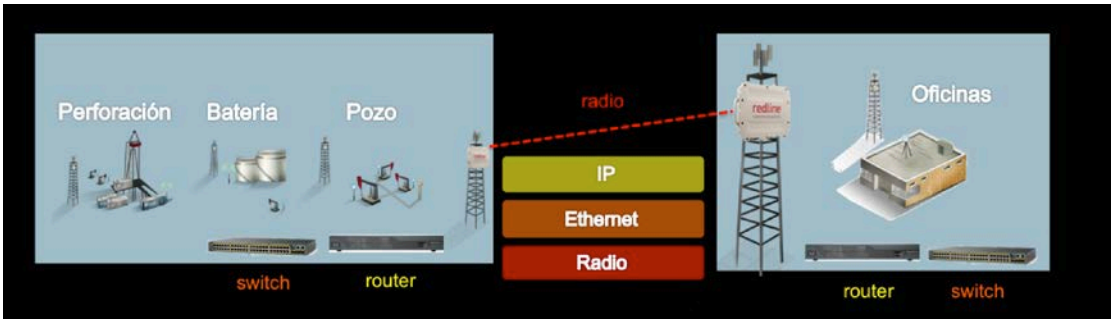

Figura 9. Esquema de conexiones y equipos entre las oficinas y los pozos, baterías o perforaciones.

Siguiendo con la Arquitectura lo que resta es ver como se atienden las locaciones en el campo para la perforación, la operación del pozo o de una batería, esta parte se simboliza en la Figura 4 de la misma con el número 2.

Para comenzar con el desarrollo de esta parte de la arquitectura lo que se busca es satisfacer las necesidades que quedaron pendientes como ser: llevar los servicios de la red corporativa al campo, integrar las tecnologías, proveer seguridad física, aumentar la eficiencias y al igual que en el punto anterior reducir los costos de capex y opex y simplificar. Para comenzar y en una primera versión de la arquitectura se definen 4 servicios a ofrecer en el campo y que aplican a los tres casos de perforación, pozos operatorios y a las baterías y ellos son: Telemetría, Servicios Corporativos, Seguridad y Localización y/o registración.

El primero es armar una base sólida, estándar, simple, eficiente y económica que permita desplegar estos 4 servicios, que los mismos posean la capacidad de crecer o escalar y que en el futuro se tenga la posibilidad de desplegar más y nuevos servicios.

En la subcapa de transporte de los servicios en el campo se encuentras dos tecnologías por un lado la tecnología que comunica los sensores con la red para realizar la telemetría o el SCADA que significa “Supervisory Control and Data Acquisition” (Adquisición de Datos y Control de Supervisión) a su vez estos sistemas se manejan con dos estándares que dependen de los fabricantes algunos utilizan el estándar ISA-100 y otro el estándar de wireless HARD o simplemente HARD (que fue el padre del anterior ya que este se generó en los 80 y su versión sin cable o wireless es una evolución del mismo) y por otro lado para el resto de los servicios la tecnología de wifi basado en el estándar 802.11. Con este panorama es difícil tener la posibilidad de tener una única base, pero esto ya se conoce en el mercado y actualmente la integración de la redes de control con las redes basada en Ethernet o IP es una realidad, de hecho se habla de la convergencia de IT (Tecnologías de la Información) con OT (Tecnologías de Operación), las primeras corresponden a los servicios corporativos y los segundos a los servicios de la telemedición, esto es un cambio disruptivo para la industria por lo tanto en este trabajo se propone tener una única base y de allí el nombre de “Unificado”. La pregunta que surge es como se logra, actualmente hay proveedores de equipos de wifi que soportan 802.11 y que además internamente en el mismo equipo soporta ISA-100 o Wireless HARD, por lo tanto esto son los equipos que se van a utilizar en este trabajo, quizás en el

futuro se mantenga esta convergencia o quizás sea más profunda de forma tal que por ejemplo los sensores hablen 802.11 ya que este va a ser la base de la convergencia.
Actualmente muchos pozos poseen una solo tecnología que no permite tener la red corporativa y si la telemetría a través de estos dos protocolos como opción que dependen del fabricante, si en estos pozos se desea agregar wifi se debe agregar otro equipo y esto duplica los costos y limita la posibilidad de crecimiento y de convergencia, por lo tanto colocar un equipo convergente para los nuevos pozos es lo óptimo y en los existentes se podría reemplazar el actual por uno de estos en lograr de agregar otro para dar wifi y tener dos redes.

En el radio como en los equipos del punto 1 se habló de separar los servicios mediante la funcionalidad de VLAN (802.1Q), en el aire, en el wifi (802.11) la separación se logra mediante los SSID (*Service Set Identifier*), identificador de red o en este caso de servicio, además como en el cable se debe ofrecer calidad de servicio en el aire para garantizar la priorización de los mismos, esta se logra mediante dos funcionalidades, una funcionalidad que permita garantizar el ancho de banda por cada servicio y el segundo tiene que ver con el tiempo que el punto de acceso de wifi o "Access point o AP", habla con cada fuente, se debe recordar que el AP habla con uno a la vez, por lo tanto según la prioridad puede ser el tiempo de escucha del mismo.
Por lo tanto los Access Point o AP mapean 1 a 1 los SSID con las VLAN de los switches.
Estos equipos y su función se observan en la Figura 10.

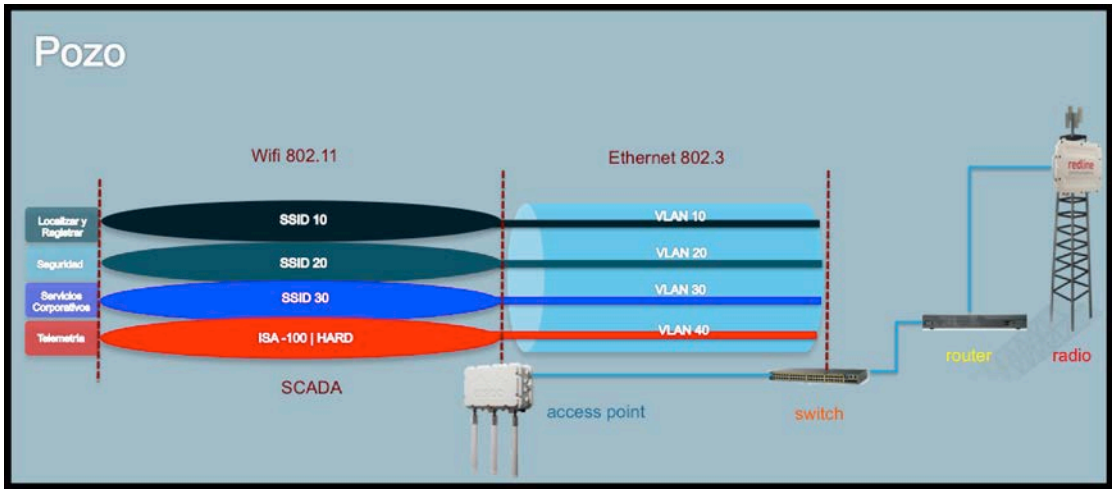

Figura 10. Mapeo de VLANs con SSID y con el ISA-100 o HARD

Entonces en las locaciones como ser un pozo o una perforación, la tecnología a utilizar como base es la de wifi basada en el estándar de 802.11, la separación de los servicios en el aire se realiza mediante los SSID, que equivalen a las VLANs en el cable, de hecho se deben mapear con las mismas y además se debe proveer calidad de servicio.
La cobertura de los AP depende del grado de interferencia, de las antenas, etc, generalmente se piensa en un radio de 100 metros, si necesitamos mas de un equipo para cubrir o iluminar con wifi la locación entonces para ahorrar equipamiento y como ellos trabajan en las dos bandas libres que son la banda de 2,4 GHz y la banda de 5,8GHz lo que se busca es que trabajen en la funcionalidad de mesh o malla en donde del switch se conecta con un cable a uno de los AP, y este utiliza los dos radios, uno para conectarse con los servicios por ejemplo la banda de 2,4 y la banda de 5,8 la utiliza para conectarse con el resto de los APs en la locación. Otro punto importante que busca es hacer simple la operación y reducir los costos operativos o el OPEX, para ello es deseable que los equipos de wifi trabajen de manera centralizada, esto es la configuración de los mismos se realice desde el campamento en un equipo llamado controlador o "controller" de manera tal de reducir al mínimo la operación en las locaciones, de hecho si por ejemplo se tienen 100 pozos con un AP cada uno y hay que realizar un cambio se tiene que acceder a las 100 locaciones y hacer 100 cambios, en cambio

si la administración y configuración es centralizada se puede hacer un único cambio en el sitio central. Además en dicho sitio central la idea es tener una consola gráfica para ver y administrar los equipos de manera remota para ello los mismos deben cumplir con el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol). (RFC 3413)

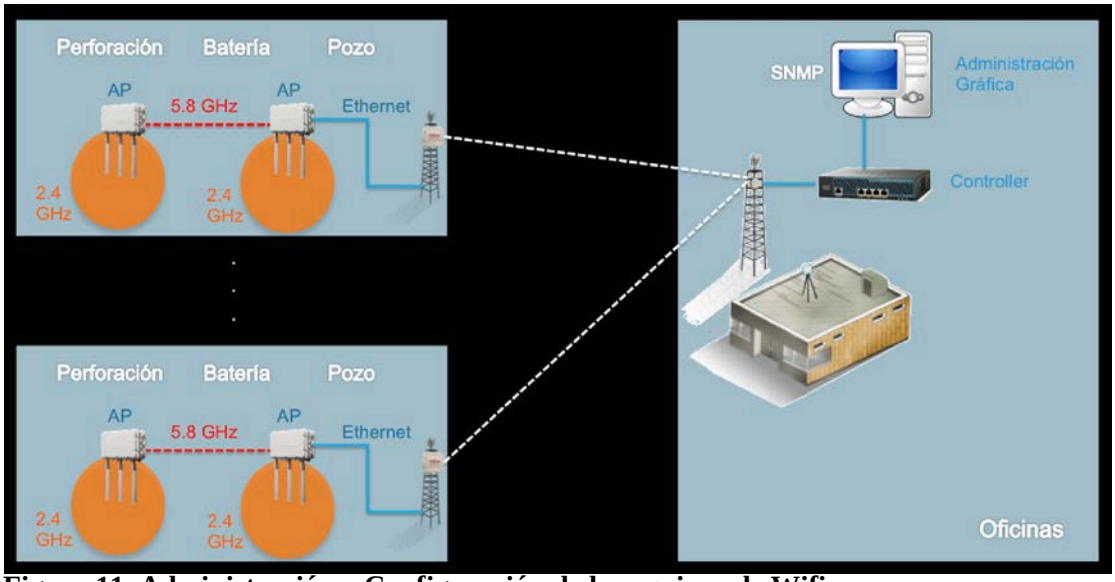

Figura 11. Administración y Configuración de los equipos de Wifi

Ambos conceptos de la configuración y administración y el tema del mesh o malla se muestran en la figura 11.
Una vez definida la tecnología de base unificada y convergente lo que resta es definir los servicios, primeramente se definen los servicios comunes a los tres tipos de locaciones descriptos y luego algunos de los particulares de cada uno de ellos.

Una necesidad y un servicio que ya venía trabajando IT de YPF es el de llevar la red corporativa al campo, esto genera un cambio trascendente y disruptivo en la operatoria haciéndola más eficiente y permitiéndole a la operación reducir costos, para explicar estos conceptos se comienza por algunos de los ejemplos de este gran cambio en el campo.
En la recorrida que se realizó en el campamento de YPF en Loma Campana se observó por ejemplo que en la perforación para comunicarse entre el campamento y el sitio central en Buenos Aires se utiliza la telefonía IP de la empresa, pero si hay un incidente en el lugar de la perforación se utilizan los teléfonos VHF o Radios y en algunos casos puntuales se utilizan la telefonía celular, como se puede observar se utilizan 2 o 3 redes que no están conectadas entre sí y que solo limitan la comunicación a la voz. En la arquitectura que se propone, al tener mayor ancho de banda y gracias al wifi, se puede tener la red corporativa y el espectro de la operación en la perforación se agranda exponencialmente ya que primeramente se puede unificar todo sobre la tecnología IP ya que en el campo se puede tener un teléfono IP físico en el sitio, se lo puede colocar en un celular a través de un cliente software, independientemente de la marca o sistema operativo y también se puede hacer lo mismos con los terminales de radio, segundo se agrega la capacidad de video, la capacidad de chat y la de presencia, para que puede servir todo esto, es lo que se pueden preguntar, por ejemplo para llamar desde el campamento al campo utilizando el mismo interno del empleado, para comunicarlo con el sitio central, para si hay un problema poder ver que ocurre y que desde el campamento se pueda asistir a un operario sin la necesidad de viajar hasta el pozo, o más aún, el concepto de experto remoto, por ejemplo un proveedor cuenta con su experto en otro país y sin la necesidad de viajar puede en tiempo real ver lo que sucede en la perforación y asistir sin la necesidad de trasladarse al sitio ahorrando en costos y disminuyendo los tiempo de la operación, esto además se puede extender a la salud, en YPF la seguridad del personal es prioritaria, por lo tanto esto aplica para la perforación tanto en lo técnico como en la salud

pudiendo tener la visión de un experto en tiempo real, todo esto se muestra en la siguiente figura 12.

Figura 12. Beneficios de la red corporativa en el campo

Otro punto importante es que mediante un dispositivo de campo de mano (handheld) o una Tablet, en el campo se puede ver la pantalla que se ve en el campamento. Como se puede observar este es un cambio muy importante y que agrega todos los servicios de la empresa en el campo extendiendo sus límites y cambiando radicalmente la operación haciéndola mucho más eficiente en términos de tiempos y costos. Además se unifican todas las tecnologías sobre IP permitiendo la posibilidad de independizarse del dispositivo e incluso del sistema ya que esto aplica para la salud, para la perforación, para el pozo o para las baterías.
Este es un cambio de un impacto muy alto generado por la expansión del grupo de IT en el upstream, este grupo se transforma en un habilitador clave para el negocio del upstream.

El segundo servicio tiene que ver con la seguridad física, generalmente se asocia seguridad física con una cámara de video vigilancia, en este caso se habla de un sistema de seguridad integral en donde todos los componentes de la seguridad se integren en una única plataforma, para ellos se recurre a un software, que existen de varios proveedores, a través del cual se interconectan, las cámaras, los teléfonos IP corporativos, los teléfonos celulares y algunos otros dispositivos móviles que mediante dicha plataforma se unen para proveer por ejemplo que si alguien detecta un ilícito pueda comenzar a filmar con su celular y este se transforma en una cámara más del sistema de video vigilancia como se muestra en la figura 13. El software actúa como un pegamento de las diferentes plataforma que permite la unificación del servicio de seguridad física utilizando como transporte los protocolos que se vieron anteriormente.

El tercero de los servicios tiene que ver con la localización y la registración tanto de objetos como de personas, para ofrecer seguridad y conocimiento de la actividad. Esto se realiza utilizando la base que anteriormente desplegamos en el campo que es el wifi y a esto se le agrega un dispositivo que se denomina RFID activo que no es ni más ni menos que un dispositivo que trabaja bajo la norma 802.11 y que transmite constantemente su posición, internamente posee una pila que dependiendo de cada cuanto trasmite sus coordenadas es su duración, esta es de años pudiendo llegar a 5 años por ejemplo. Este dispositivo se puede colocar en un objeto para que si esta dentro de la zona transmita su posición y en caso de que alguien lo saque de la misma genere una alarma y se activen los mecanismos de defensa de la seguridad para localizar el mismo. También se puede utilizar con los operarios propios o de terceros autorizados para entrar o salir de dichos sitios, con esto se puede acceder a saber quien fue o está en el pozo, cuantas veces en el mes un tercero visito el mismo, cual es el pozo o perforación con mayor actividad, si ocurre un incidente poder enviar a la cuadrilla más

cercana al sitio, etc, por lo tanto se le agrega mucha inteligencia a la operación para poder ser más eficientes ante los incidentes y la seguridad tanto de los objetos como de las personas. Todos estos conceptos, incluidos los RFID (Identificadores de radiofrecuencia) se muestran en la figura 14.

Figura 13. Sistema completo del servicio de seguridad

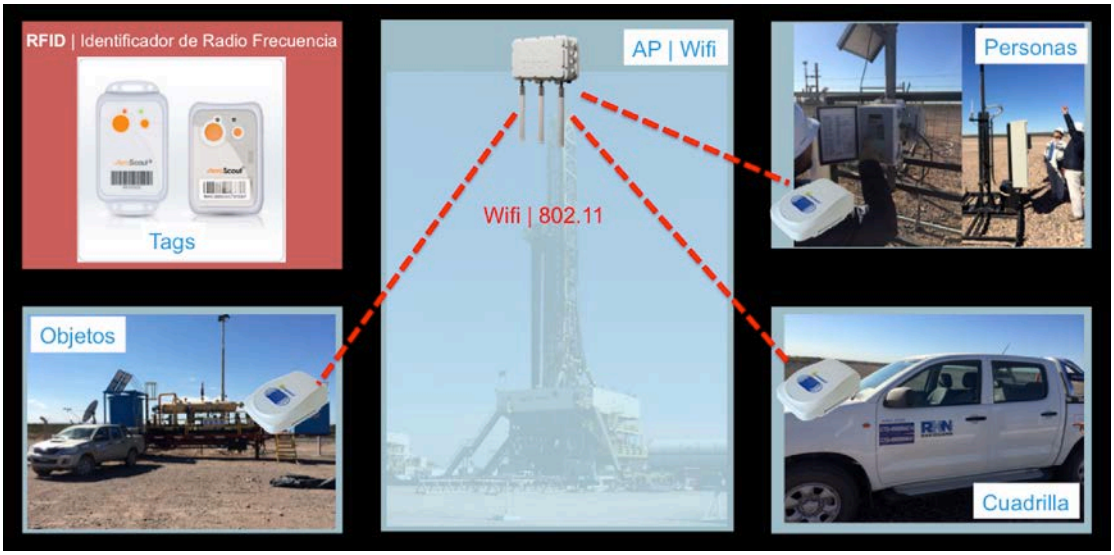

Figura 14. Servicio de Localización y Registración

Por último en el presente documento se habla de la telemetría, este servicio generalmente aplica más a los pozos en operación pero se puede utilizar en todo el upstream.
En un pozo, por ejemplo, se desea medir presión manométrica, temperatura, presión diferencial, caudalímetro, mediciones de los tanques entre otras cosas, para cada uno de estos sistemas existen sensores que como se comentó anteriormente puede utilizar el protocolo ISA-100 o wireless HARD, para realizar la unificación del campo se mencionó que los APs de wifi poseen internamente un radio de manera tal que el mismo que habla 802.11 puede hablar estos protocolos con la idea de utilizar una única infraestructura física. El dato viaja hasta el sitio central y forma parte del sistema SCADA. Un sistema SCADA es capaz de proveer las siguientes funcionalidades: 1) posibilidad de crear paneles de alarma con un registro de incidencias, 2) generación de históricos, 3) ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anulan o modifican las tareas asociadas al automatismo, bajo

ciertas condiciones, 4) posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador

En la arquitectura de estos sistemas se encuentran dos bloques, unos correspondientes a la configuración y otro correspondiente a la supervisión.
Actualmente existe la discusión entre si el estándar es ISA-100 o WirelessHARD, el primero es nuevo y diseñado de cero el segundo es el antigua HARD de los que trabaja con señales analógicas entre 4 y 20 mA y que se adaptó al wireless en este documento se deja de lado esta discusión y quizás como se mencionó en el futuro todo converja sobre 802.11 o wifi. En nuestro relevamiento se observaron diferentes sensores utilizados y la idea de nuestra arquitectura es simplemente incorporarlos y hacerlos participes de esta única infraestructura, los mismos se ven en la figura 15.

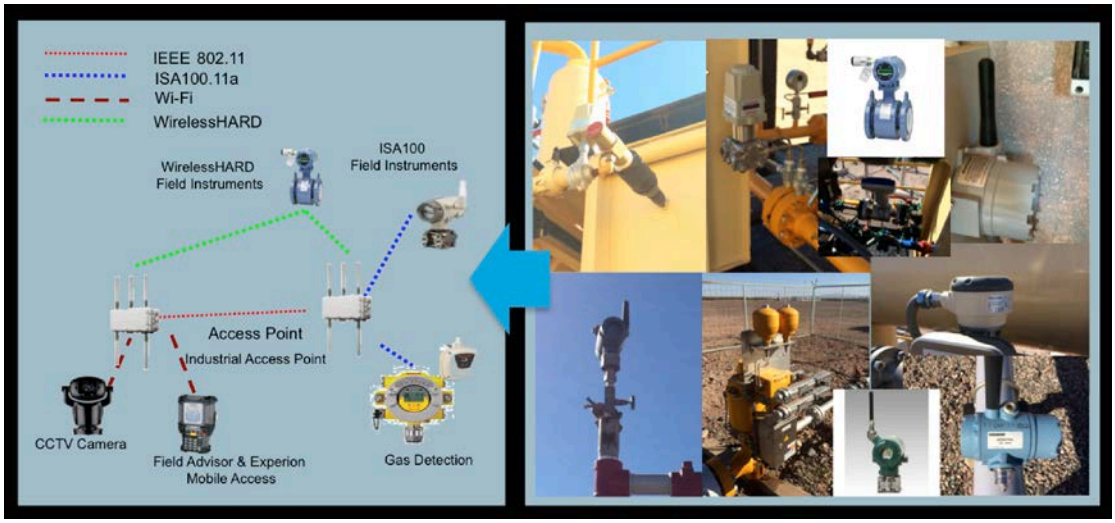

Figura 15. Servicio de Telemetría

Como se observa se trabajó en una arquitectura que busca unificar una base tecnológica y construir inteligencia sobre ella y para ello se vio como se pueden transformar los servicios de telemetría, de seguridad de localización y registración y como además se suman los servicios corporativos en el campo. Luego de descriptos los mismos lo que sigue es juntar todos y ver los detalles tecnológicos que permitan cumplir con la unificación abierta y basada en estándares.

En el proceso de la perforación el hecho de contar con mayor ancho de banda y la posibilidad del tiempo real permite hacer más eficiente mismo ya que se puede concentrar información en el sitio central, en tiempo real, acceder a el, tener históricos, obtener datos de corrosión durante el facking, o información e historia de los casing para asegurar el procedimiento sin impacto ambiental, modelizar por software, etc. cruzando información de los sistemas en un centro de cómputos y disponer de dicha información en la perforación ya que se posee la red corporativa.

Otro punto importante es que en algunos sitios y como contingencia se puede utilizar la conectividad a la red móvil de los operadores en el sitio y tener 3G o 4G.
En la figura 16, se observa un ejemplo de un sitio de upstream en donde se ven todos los enlacen posibles con redundancia hacia el sitio central y la conectividad wifi en el pozo.

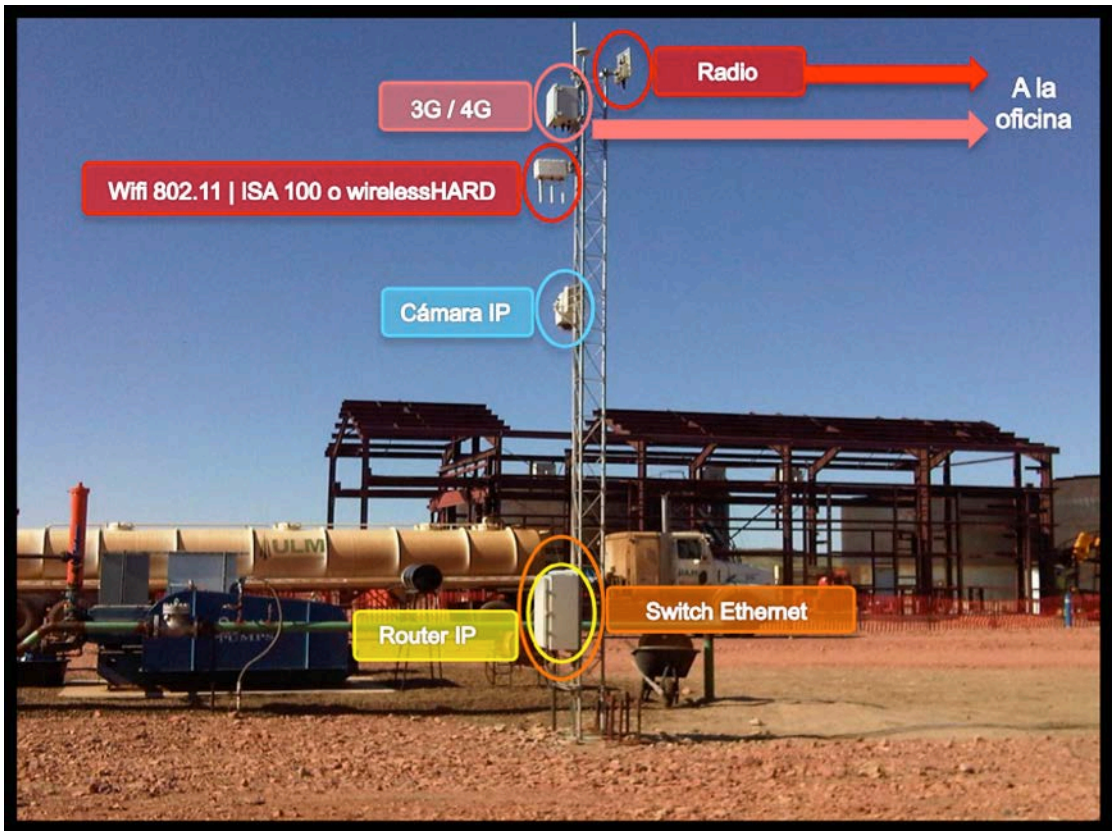

Figura 16. Sitio de ejemplo. Conectividad

En lo que respecta a los servicios de tiempo real como puede ser el tema de la voz o el video, utilizados en proveer video vigilancia, llevar la red corporativa al campo, el experto remoto o la unificación de los equipos de voz, todos utilizan el protocolo RTP (Real Time Protocol o Protocolo de Tiempo Real), este protocolo corre sobre UDP (User Datagram Protocol) cuyo estándar del IETF es el RFC 768, que corre a su vez sobre IP y Ethernet, o sea, dentro del RTP viaja la voz o el video. Dicho protocolo se puede encontrar en el IETF en el RFC 3350. En la figura 17 se muestra el transporte de un paquete de voz.

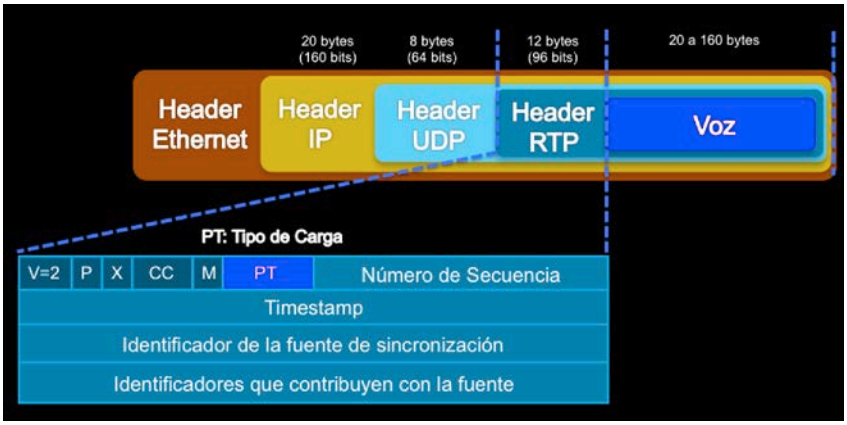

Figura 17. Paquete de voz en tiempo real

Para ver los detalles del encabezado y de su funcionamiento: https://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt

La voz puede transportarse con diferentes codecs, algunos para ahorrar ancho de banda la comprimen, pero la calidad de la misma se reduce, este tipo de carga se transporta en el

campo PT del encabezado *(“header”)* RTP. Algunos de los codecs pueden ser G.711 que transporta un canal de 64 kbps de ancho de banda sin compresión, G.729 que si comprime y reduce el mismo a 8 Kbps o G.723.1 que comprime aún más llegando a 6.4 Kbps.
Como se observa se busca una relación de compromiso entre el ancho de banda y la calidad. Para la medición de la calidad existe una norma de la IEEE que es la G.107 que mide un factor llamado R, que da un valor de calidad entre 0 y 100 donde 100 en lo más alto. La voz como se sabe es afectada en su calidad por la demora o *“delay”* del enlace y por su variación o “jitter”. En la siguiente figura 18 se puede observar el valor de la calidad de la voz en función de la demora, donde R es el valor de la calidad.

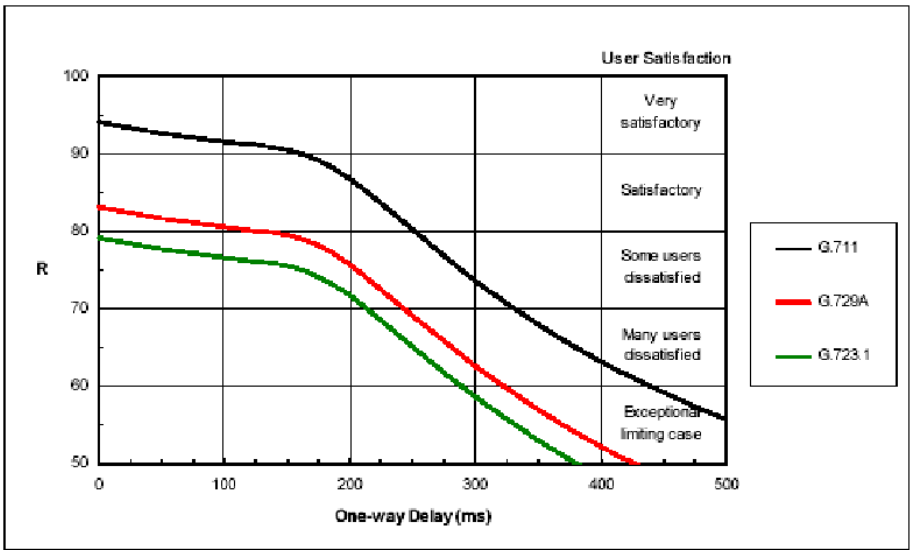

Figura 18. G107. Factor R (calidad) y demora

Para el cálculo del ancho de banda se deben incluir los protocolos del transporte como el Ethernet, el IP y el UDP. El Ancho de Banda (AB) se mide en bits por segundo, por lo tanto lo que se debe conocer de cada códec es la cantidad de bytes del paquete de voz y cada cuanto tiempo genera un paquete el mismo, para estos tres ejemplos se tiene:

G.711	160 bytes	20 mseg.
G.729	20 bytes	20 mseg.
G.723.1	24 bytes	30 mseg.

En este caso el transporte se realiza sobre Ethernet (30 bytes), IP (20 bytes), UDP (8 bytes), entonces para el cálculo del ancho de banda para el códec G.729 (20 bytes) se tiene:

$$\textbf{AB} = \frac{\text{Paquete (bits)}}{\text{Tiempo (seg)}} = \frac{(30+20+8+20) * 8}{20 \text{ mseg.}} = \textbf{31.200 bits / seg. o 31,2 Kbps}$$

NOTA: El paquete se multiplica por 8 pues esta en bytes y el ancho de banda se mide en bits.

Lo mismo que se realizo para el audio se puede utilizar con el video, lo único es que para el video se utilizan diferentes codecs como ser H.264 que es conocido como MPEG4.
Para aportar seguridad existe un protocolo que si el paquete IP no se encripta mediante IPSec se puede encriptar la parte del servicio de voz o video y es el protocolo secureRTP o sRTP, el mismo se describe en el estándar RFC 3711. (https://www.ietf.org/rfc/rfc3711.txt)

En el caso del servicio de telemetría si bien los datos se transportan sobre Ethernet e IP como en los casos anteriores, como el servicio es orientado a la conexión y necesita retrasmisión en lugar de UDP como utilizan los servicios de tiempo real en este caso se utiliza TCP

(*Transmission Control Protocol*) cuyo estándar del IETF es el RFC 793 y que es un protocolo con las característica solicitadas, dentro de él la información de la telemetría es responsabilidad del MODBUS TPC que es esencialmente el protocolo serial de MODBUS RTU encapsulado en Ethernet TCP. MODBUS RTU se utiliza para comunicaciones seriales entre dispositivos maestro y esclavo o esclavos. Se usa MODBUS TCP para comunicaciones TCP entre los dispositivos cliente y servidores en una red de Ethernet/IP como es el caso del presente documento.
Para ver los detalles del header y la comparación entre el Modbus RTU y el Modbus TCP se recomienda el siguiente link: http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus

Para el caso de la perforación en donde se desea acceder a diferentes aplicaciones en software, generalmente se acceden a través de una interface web y para ese caso el protocolo es el HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) que es el RFC 2616 y que corre sobre TCP, en el siguiente link podrán encontra la información sobre este protocolo de transporte: http://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol

Descripto los servicios (el que), viendo los protocolos (para comprender el como), lo que resta es ver con qué equipos y como se conectan los mismos para proveer en el campo una locación con todos los servicios descriptos, para ello se muestra la figura 19 que se desarrolla a continuación.

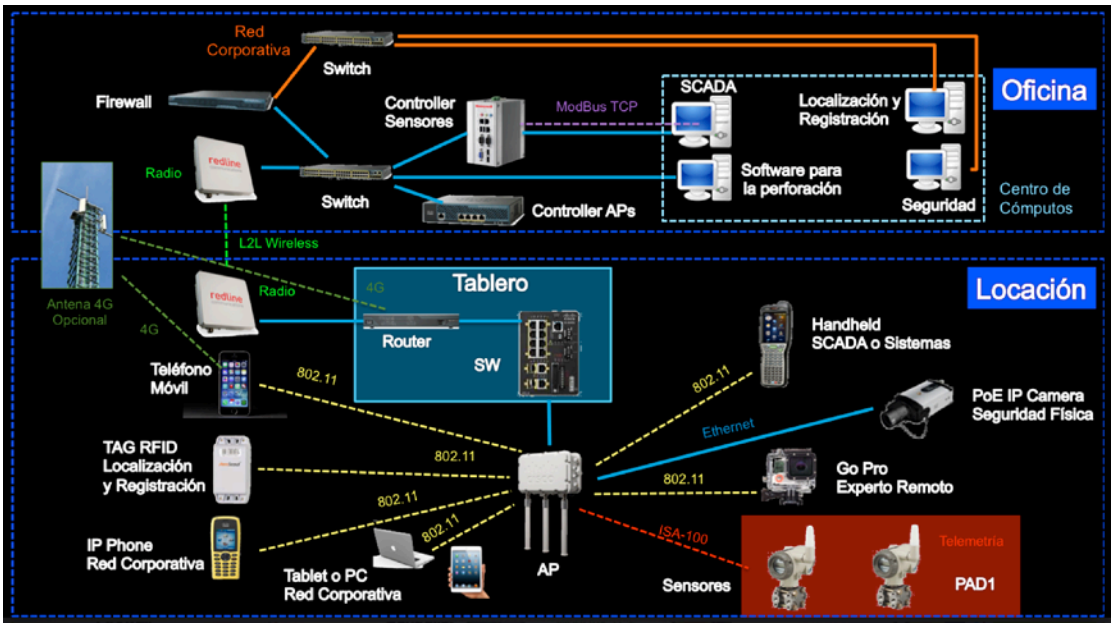

Figura 19. Esquema Completo de equipos en la locación.

La idea es colocar la menor cantidad de equipamiento posible en las locaciones, en el ejemplo se observan, el AP, el Switch Industrial, el Router, el Radio y opcionalmente y por redundancia la red 4G o incluso se puede utilizar la red satelital, se debe mencionar que tanto la red 4G como la Satelital son para proveer alta disponibilidad y en caso del corte del radio solo pasan algunos servicios y no todos. Esto equipos son los que se mostraron en la figura 16, lo más simple posible. Un concepto importante es que si se posee redundancia ambos vínculos estén activos, esto es, se deben enviar algunos servicios por un vínculo y el resto por el restante y en caso de poseer un único vinculo por una caída del mismo, se deben manejar prioridades, esto se maneja configurando QoS (Calidad de Servicio) en el router. También en la actualidad como se maneja en concepto del tiempo real ya sea para servicios como ser la voz o el video es importante mencionar el soporte de otras funcionalidades que debe soportar este equipo debido a lo siguiente. Los equipos IP más comunes utilizan los protocolos de ruteo para determinar los caminos hacia los destinos e incluso determinar si están disponibles o activos. Algunos de los protocolos de ruteo pueden ser RIPv2 (RFC 2453), OSPFv2 (RFC

2328) o BGP(RFC 4271). Ahora bien, estos testean conectividad pero que ocurre si un vínculo incremente su demora debido por ejemplo a condiciones climáticas, el protocolo de ruteo va a seguir enviando el servicio por el mismo camino y si por el se transporta por ejemplo video el mismo se ve afectado en su calidad o incluso no se puede utilizar, debido a esto es que se desarrollaron métodos para que los routers a demás de testear la conectividad puedan testear la demora o la variación de la demora del mismo, todos estos conceptos aplican a los enlaces MAN (Metropolitan Area Networks) ya que es en el enlace entre la locación y la oficinas, por eso en este documento lo llamamos MAN Inteligente o Intelligent WAN.
Otro punto importante es el hecho de que los equipos soportes las condiciones climáticas, de radiación, etc que por ejemplo se definen en las normas IEC/EN 61000 y por otro lado que se puedan alimentar con baterías y paneles solares por lo tanto los consumos deben ser lo más bajo posible, por ejemplo de 9.5 a 30W, siendo los de 30W aquellos que además soportan PoE (Power over Ethernet o Energía por el Ethernet) que es un estándar de la IEEE y es el 802.3af u 802.3at, en el caso del segundo se lo conoce PoE +. Un puerto Ethernet 802.3af provee hasta 15.4W esto se utiliza para minimizar el cableado, en la Figura 19 el Switch del tablero le provee PoE al AP, entonces en lugar de llegar con el cable Ethernet para los datos y el cable de Energía se llega con el cable Ethernet y dentro de el viaja la alimentación y lo mismo se muestra entre el AP y la cámara de video vigilancia.
Un ejemplo de cómo se alimenta una locación se puede observar en la siguiente figura 20.

Figura 20. Ejemplo de Alimentación en la locación

Como comentario se aclara que estas fotos fueron tomados durante el relevamiento por lo tanto se observa una conexión satelital, en este documento se desea reemplazar la antena satelital por el radio o agregar el radio y dejar la conexión satelital para contingencia.

Como se muestra en la figura 19, la infraestructura en el campo es unificada ya que la separación de protocolos y servicios se realiza con los SSID y las VLAN como se mencionó y para simplificar la operación y gestión de los mismos se realizan desde un punto central alojados en las oficinas o campamentos y allí para la gestión se separan, los AP se registran y operan desde los controladores de los APs a través del protocolo CAPWAP (Control And Provisioning of Wireless Access Points), norma del IETF, RFC 5415 y los sensores en el caso

de los pozos donde se realiza la telemetría en el controlador de los sensores mediante el protocolo ISA-100 o Wireless HARD.
Luego en el sitio central u oficina, se encuentra el centro de cómputos o Data Center en donde se encuentra el sistema SCADA para la telemetría o los sistemas o software para proveer análisis en tiempo real para la perforación.
En el sitio se observan múltiples dispositivos para cumplir con los servicios enumerados en el documento como ser la red corporativa, a ella se puede acceder con PCs, Tables, teléfonos IP por hardware, teléfonos IP por software, cámaras móviles para los expertos remotos ya sea para la operación, la perforación o para usos de seguridad/salud de los operarios. El servicio de telemetría se accede a través de los sensores o handhelds. El servicio de seguridad, cuyo software se aloja en el centro de cómputos, a través de cámaras u otros dispositivos celulares y el servicio de localización y registración se accede mediante los RFID y un software que también se aloja en el Data Center de las oficinas y que permite analizar los objetos, las personas o las cuadrillas para también agregar la inteligencia en la operación.
Un punto importante es el hecho que hay un firewall que provee seguridad y separación en el sitio de las oficinas, como se ve hacia un lado está la red corporativa o la red de IT (en naranja) y hacia el otro la red de telemetría y el sistema SCADA y los software asociados a la perforación (en celeste) esto corresponde a lo que se llama OT, esta separación se realiza de esta forma ya que en la actualidad si bien en el upstream se pueden unificar las redes, en el centro de cómputos se deben separa de acuerdo con la norma ISA/IEC-62443 (formerly ISA-99) cuyo esquema se muestra en la figura 21.

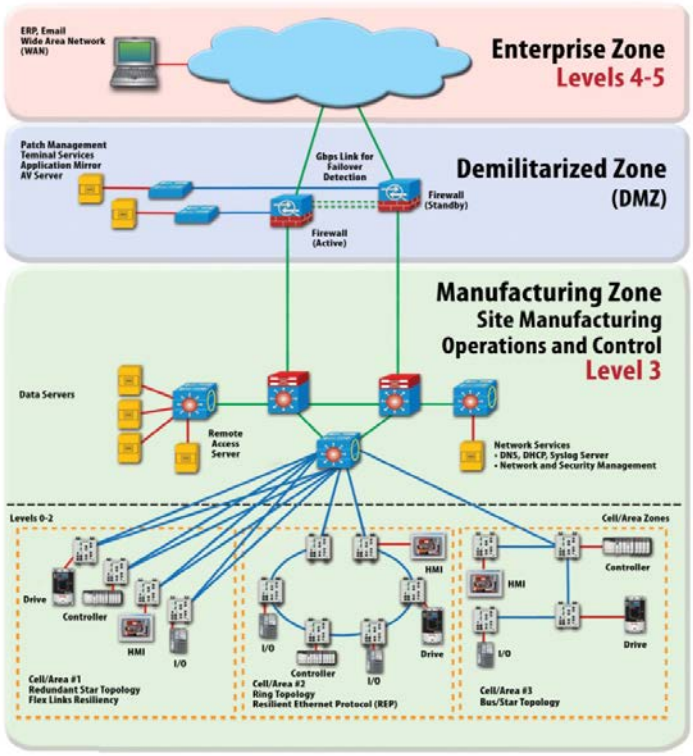

Figura 21. Seguridad en Redes de OT de IT para su convergencia. Norma ISA-99

Como se observa en dicha figura 21 se encuentran en los nivelos 0 a 2 los equipos en el campo, los sensores, PLC, etc, luego en el nivel 3 se encuentran los sistemas como ser el SCADA, en nuestro caso este nivel 3 son los servidores en el Data Center con los sistema mencionados, luego el Firewall sería la zona marcada como DMZ o zona desmilitarizada, donde tenemos la seguridad entre las misma, como si fuera la recepción de un edificio o un portero de una discoteca que dice quien entra y quien no y en los niveles 4 y 5 se encuentra la red corporativa, esta norma es la que se respeta en la arquitectura de este documento. Como se puede observar se posee una arquitectura con una base sólida y unificada capaz de soportar de una manera simple y efectiva los servicios descriptos en este documento y que permite

escalar, esto significa, que se pueden desarrollar más servicios a futuro ya que se encuentra basadas en estándares abiertos de la industria.

Volviendo a la arquitectura completa de la figura 4, lo que resta detallar es lo que se muestra con el punto 3, que corresponde a los vehículos. Los mismos se pueden utilizar para la preparación de los sitios antes de la perforación, para la perforación el workover / pulling o para emergencias. Los protocolos utilizados son los mimos que en la parte 2 anteriormente descriptas. Lo que cambia son los equipos y se pueden restringir los servicios en función del medio de comunicación y su ancho de banda. Para comenzar con la conectividad se pueden utilizar varias opciones, un radio que no esta fijo a una torre y que sea fácil de sincronizar con el radio de la oficina o el central del campo, otra opción es tener conectividad satelital, la tercera es tener conectividad a la red celular por 3G/4G y la cuarta tener conectividad a la red de voz de trunking en VHF o UHF.

Esta conectividad es hacia fuera de la locación, hacia adentro la idea es tener conectividad wifi basada en 802.11 como se mencionó anteriormente. Un tema muy importante es que sea rápido de instalar, simple y que se puedan integrar las tecnologías y los servicios en la menos cantidad de equipos posible. A nivel de los protocolos y las tecnologías se utilizan los mismos que en el caso anterior, la diferencia radica en los equipos. Para la conectividad por radio se pueden utilizar equipos que se alinean rápidamente con la señal de la torre de la oficina utilizando la técnica de “beam forming”, que hace que un radio posea múltiples antenas para transmitir la misma señal, por lo tanto enviando múltiples señales y analizando el feedback puede determinar hacia donde orientarse de manera automática pues busca la mejor señal, este tipo de radio se puede utilizar en vehículos como también en trailes o en una perforación para un rápido despliegue. Generalmente este tipo de equipos poseen menor potencia y esto se traduce en que el ancho de banda se reduce y por lo tanto también los servicios. Todo esto se muestra en la figura 22.

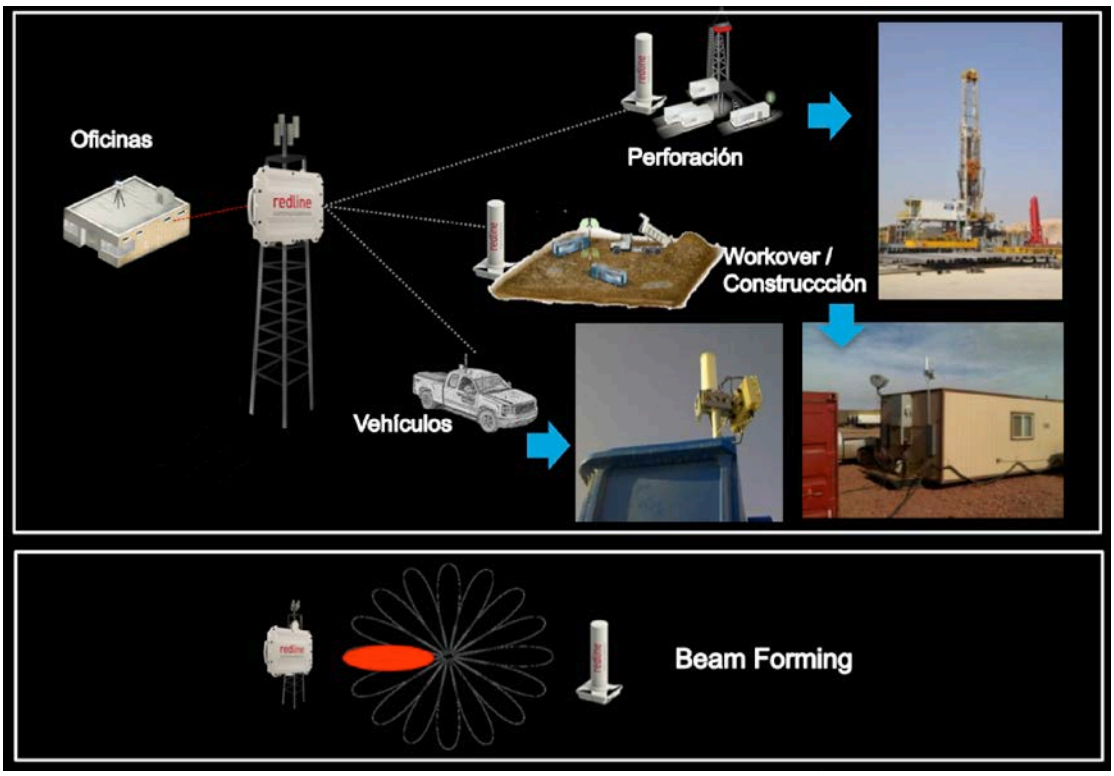

Figura 22. Radios Móviles. Beam Forming y sus usos.

Como se mencionó anteriormente también se pueden utilizar vínculos satelitales, para este caso se utiliza una antena satelital portátil o conectividad a la red celular 3G/4G para esto

existen también antenas portátiles pequeñas. Una vez establecida la conectividad lo que resta es realizar un rápido y sencillo despliegue de los servicios, para ellos se utilizan, en la presente arquitectura, un router o ruteador de múltiples servicios que soporte las conectividades mencionadas anteriormente más la capacidad de poseer wifi, si es posible que provea puertos Ethernet con soporte de PoE (Power over Ethernet) para conectar equipos como Teléfonos por hardware o alguna cámara de video vigilancia por IP. La idea es poder tener conectividad rápida para poder responder ante incidentes. Otro punto interesante para las comunicaciones es que si no se posee conectividad con el sitio central o la oficina pero si con la red por ejemplo móvil 3G o 4G, este equipo es deseable que también realice la función de central telefónica con la posibilidad de conectarse con los equipos de VHF o UHF. El concepto de los vehículos para responder ante incidentes como algunas imágenes del mismo se muestran en la figura 23.

Figura 23. Vehículos. Respuesta Rápida ante incidentes.

Debido a que estos equipos trabajan con la misma base a nivel protocolos como lo son el Ethernet y el IP, al igual que toda la arquitectura, los servicios que se pueden montar son los mismos que en el caso anterior, como ser localización y registración, telemetría, etc, aquí se limitan por un tema de ancho de banda (esto depende de la conexión) y porque está pensado para cuadrillas de respuesta ante incidentes.

LA DEMO EN CAMPO

La demostración de todo esto se realizó en Julio del 2015 en conjunto con la gente de tecnología de la información (TI) de YPF en “Vaca Muerta”, específicamente entre el campamento central de Loma Campana y el sitio remoto situado a 60 Kms aproximadamente y denominado Rincón del Mangrullo, Colector Oeste.
Como se muestra a continuación:

Figura 24. Mapa de la demo

La idea era montar una arquitectura, con una base única, por eso el concepto de unificada, sobre la cual se montan el servicio actual de telemetría y los servicios deseados que se relevaron como ser, los servicios corporativos, de video, telefonía, chat y experto remoto, el servicio de seguridad con video sobre todo y el servicio de localización de los activos y las personas y el registro de la actividad en los sitios con la posibilidad de hacer un análisis y guardar un histórico. Se debe mencionar que la cantidad de servicios puede seguir creciendo de cara al futuro. El esquema de la arquitectura se muestra a continuación:

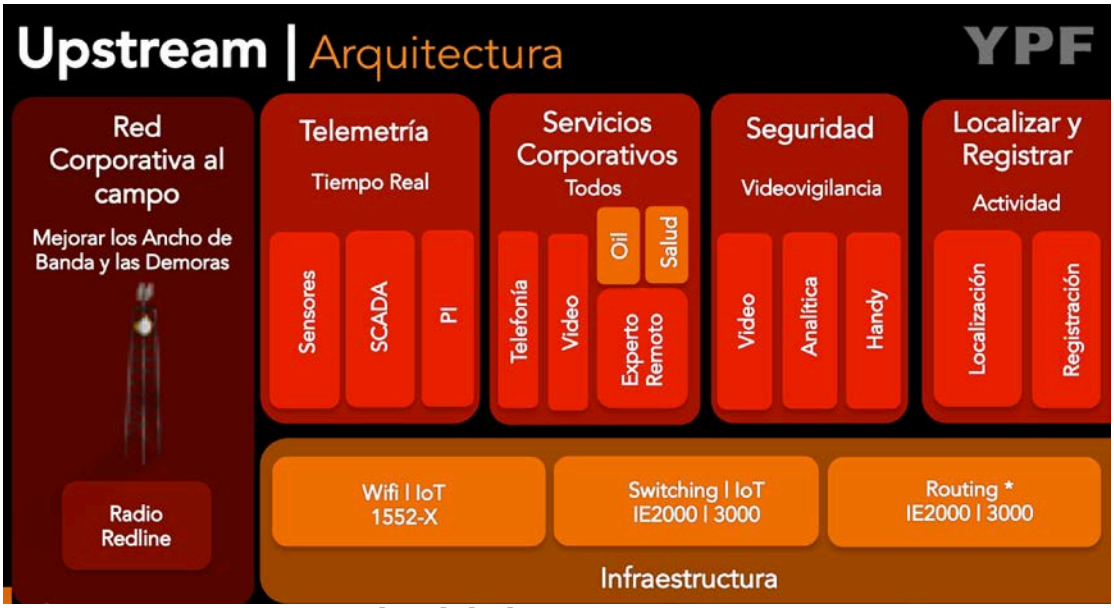

Figura 25. Arquitectura completa de la demo.

En la figura 19 se encuentra el detalle de la arquitectura a implementar.
El objetivo de la demo es comparar la arquitectura propuesta con lo existente para analizar el funcionamiento y los beneficios obtenidos.

El primer día se realizó el armado del sitio remoto, como se muestra a continuación.

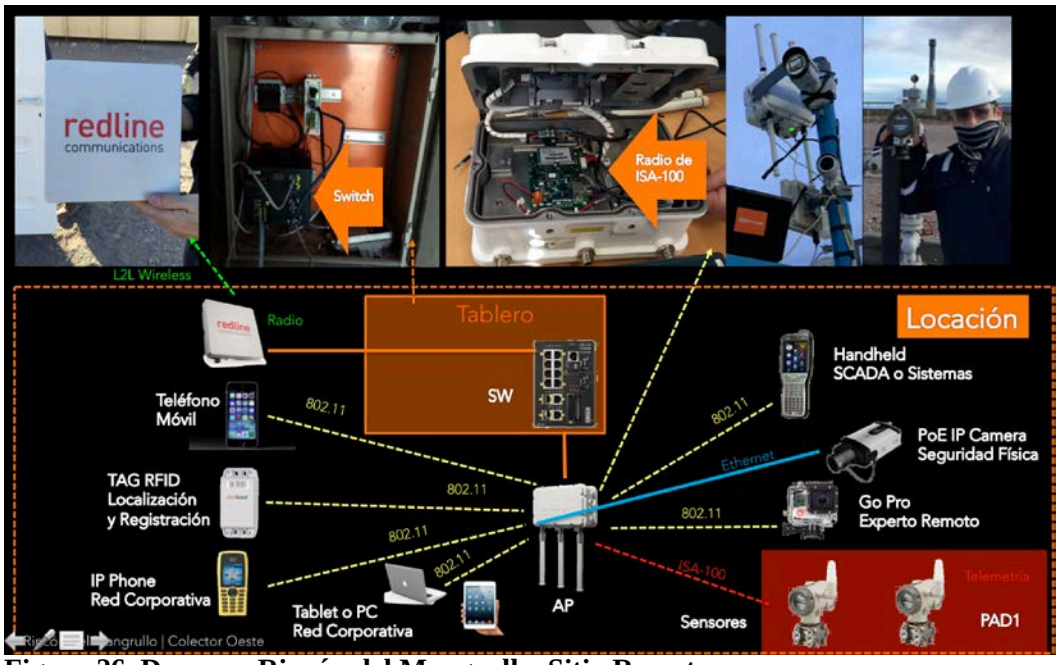

Figura 26. Demo en Rincón del Mangrullo. Sitio Remoto

En la figura 24, el radio es el conecta el sitio remoto con el central, con un ancho de banda que puede oscilar entre 4 y 11 Mbps. Dicho radio se conecta al switch, que esta dentro de un gabinete y desde él, se conecta el Access Point (AP), que provee conectividad en 802.11 o wifi, para dispositivos como ser teléfonos celulares, teléfonos IP, PC, tabletas, cámaras de video IP, (para operación o seguridad), handheld, etc. Además el AP posee internamente un radio ISA.100, podría ser WirelesHART, para proveer conectividad a dispositivos wireless para la telemetría, en el AP conviven ambas redes, IT | 802.11 (wifi) y OT | ISA.100 (telemetría) , ambas están virtualmente separadas sin posibilidad de que se puedan pasar datos de una a otra red. Todo esto se monto en un gabinete, que se muestra a continuación:

Figura 27. Gabinete en el sitio remoto

En la figura se puede observar y comparar la situación con conectividad satelital y con la propuesta nueva. En la satelital el costo operativo de la comunicaciones es mucho más alto, el ancho de banda es menor, la operación solo toma datos de la telemetría, dicha toma de datos es sensible a las variaciones climáticas y la visibilidad del sitio es nula.
Con la nueva solución propuesta se posee un costo operativo menor, se puede acceder a los datos de la telemetría, a ver lo que sucede en el sitio, ya sea por seguridad o para ver los procesos en el sitio, se puede llamar a un teleféno interno de la compañía, que puede ser un

dispositivo wifi IP o un software en un teléfono celular, actualmente se debe usar la red de VHF que esta separada, se puede acceder a saber cuando un contratista llega y se va del sitio, a vigilar un activo, saber si se encuentra un vehículo, etc, a través de RFIDs y también se puede observar el consumo de potencia del sitio, por ejemplo actualmente si se tienen algunos días nublados seguidos, los gabinetes se deben revisar uno por uno en el campo para observar en sitio si tienen o no energía, con esta solución se puede observar eso sin necesidad de visitar el sitio subiendo la eficiencia de la operación varias veces.
Al día siguiente de armar el sitio remoto se procedió a armar el sitio central, esto es, Loma Campana, teniendo en cuenta la separación de las redes de OT e IT cumpliendo con la norma ISA.99 entre otras, el esquema del sitio central se muestra a continuación:

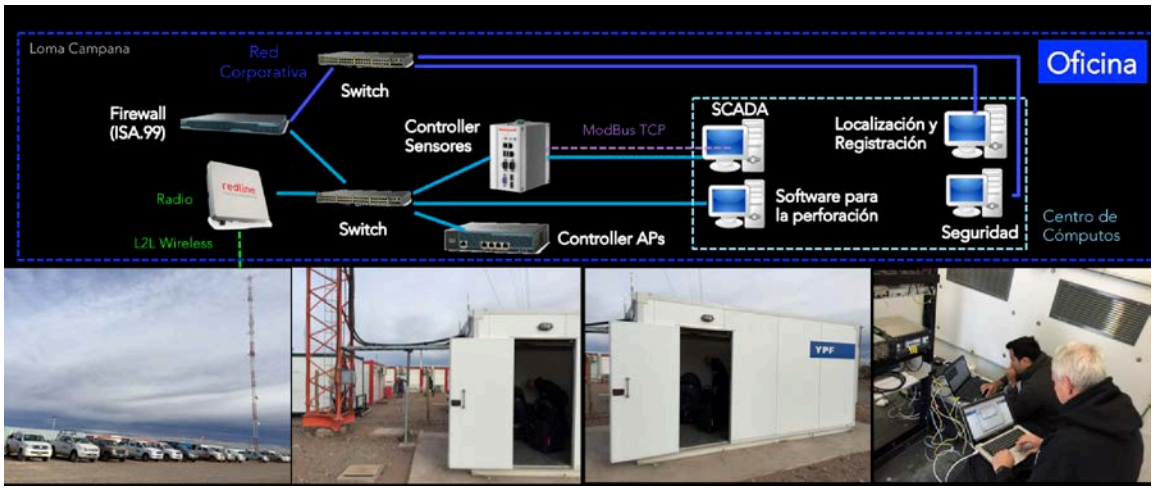

Figura 28. Demo en Loma Campana. Sitio Central

En el sitio central se realizó la conectividad de los radios, que en este caso son 4 para cubrir los 360 grados del campo, de dicho radio se pasa por un switch en donde la red de OT o industrial se conecta a un controlador de wireless, el cual maneja desde allí todos los APs del campo y un controlador de los dispositivos de telemetría que operan en ISA.100, en ambos casos se conecta por un lado al software de SCADA, para la administración de los dispositivos y al software de gestión para la operación que utiliza YPF denominado PI. Por otro lado la red de TI se hace pasar por un Firewall que realiza la separación de las redes mediante la especificación ISA.99, a partir de allí se abre la red de TI en donde se conectan la administración de las cámaras de seguridad y operación y el software que permite administrar y ver dispositivos, personas, vehículos, registrar la actividad y hacer un análisis, conocido como analytics, y por ejemplo tener estadísticas, de los sitios más visitados, los horarios, los días de la semana o del mes, etc.
En la siguiente figura se muestran las diferentes pantallas de la administración del sitio central:

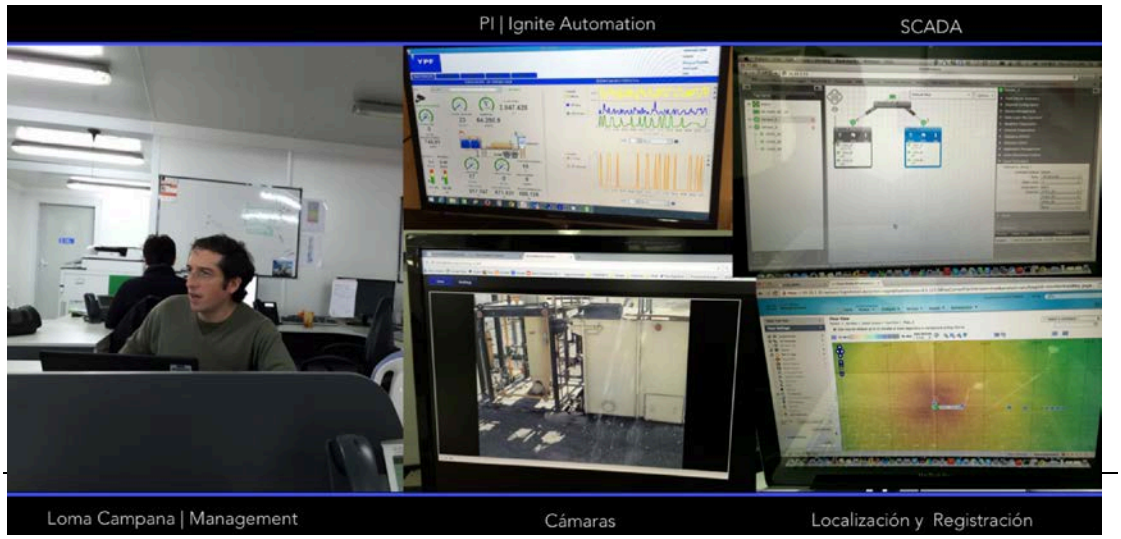

Figura 29. Demo en Loma Campana. Sitio Central

Como se observa se poseen cuatro administraciones debido a la separación de los equipos de operación, pero si se desea tener todo esto en una única visión, se puede utilizar este software propuesto, que se debe aclarar se dejo de lado en la maqueta y se plantea como la fase 2 del mismo.

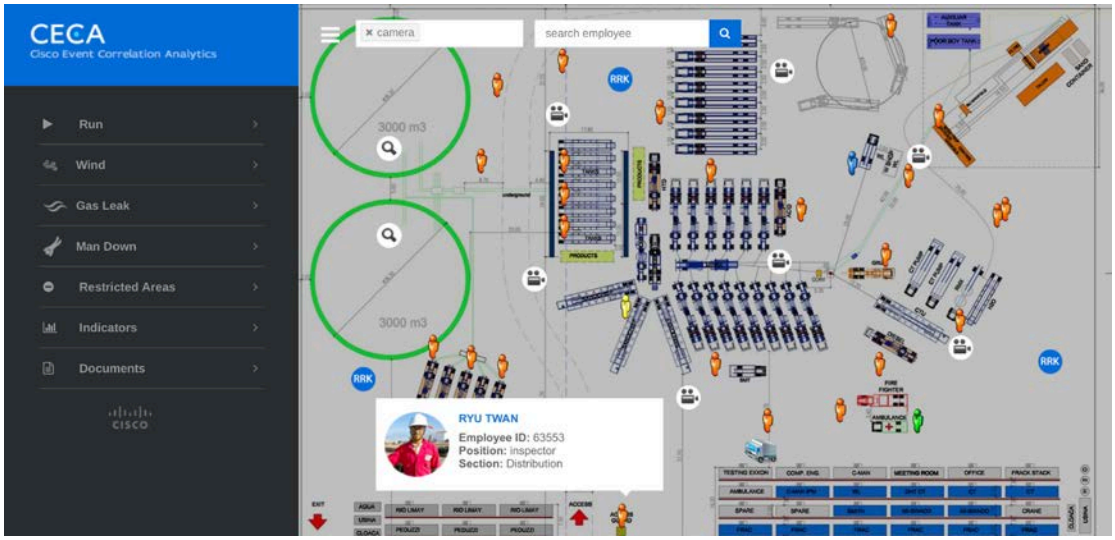

Figura 30. Software que permite una visión unificada

Como se observa con el software anterior, se puede para sobre un empleado o contratista, ver el tiempo que hace que esta trabajando, por ejemplo si el mismo esta trabajando más horas de las que corresponde se pone, el rojo, si se presiona sobre el mismo el software de comunicaciones lo llama a su teléfono directamente, se puede chatear o ver lo que sucede, lo mismo si se presiona sobre una cámara de video. Además se pueden realizar simulaciones de pérdidas de gas y ver como sería la evacuación, medir tiempo, se pueden guardar históricos del clima en la región y muchas tareas más que quedaron para la fase dos de la demo.

Análisis de los resultados

Como resultado de la demo se obtuvieron los siguientes beneficios en función de las necesidades relevadas.

1) Ahorro de Costos
a. Ahorro en viajes
b. Ahorro en comunicaciones satelitales
c. Unica red, menos costos de mantenimiento
d. Mayor productividad por cuadrilla
e. Tiempo Real
f. Minimizacion de las perdidas
g. Red Corporativa en el campo
h. Audio + Video + Presencia + Chat

2) Control
a. Localización de cuadrillas
b. Registro de Actividad
c. Control de Activos
d. Inteligencia
e. Producción en Tiempo Real
f. Visualización de los sitios en tiempo real
g. Análisis de la operación
h. Históricos de la operación.

3) Seguridad
a. Localización del personal
b. Experto Remoto ante emergencias
c. Videovigilancia
d. Seguridad Física
e. Alarmas Remotas
f. Análisis y simulaciones ante incidentes
g. Históricos

En resumen los resultados y la demo la agrupamos en tres números que muestran y resumen este documento:

60 → Tiempo promedio mínimo para responder ante incidentes antes de la demo

3 o 4 → Son las veces que se mejoran los costos y/o la eficiencia en la operación

0 → Tiempo de respuesta con la Arquitectura actual, esto es "Tiempo Real"

CONCLUSIONES

El presente documento plantea una arquitectura completa, unificada e inteligente desarrollada a partir de las necesidad relevadas en el upstream en Vaca Muerta, en YPF, y utilizando el conocimiento de diferentes visiones, proveniente de los colaboradores, incluido el desarrollo de soluciones que se utilizaron en Estados Unidos en Eagle Ford. Además esta arquitectura provee la flexibilidad para que se puedan adicionar más servicios de los planteados en el documento debido a la solidez de la base tecnológica desarrollada en función de estándares abiertos y por la evolución y desarrollo de la tecnología.
Debido a esto y para concluir con el documento se dice que el mismo presenta:

Una Arquitectura: pues se compone de un conjunto de soluciones
Para el Upstream: desarrollada para cumplir con las necesidad del campo de nuestro país
Unificada: pues desarrolla una base única, abierta y basada en estándares que permite cumplir con las necesidades relevadas
Inteligente: pues se desarrollan una serie de servicios que se vieron en este documento y que los mismos apuntan a satisfacer las necesidades que se plantearon en el mismo.
Probada: pues se testeó en campo y se midió su impacto.

Debido a estos cuatro puntos es que denominamos al trabajo, "Upstream Unificado e Inteligente"

BIBLIOGRAFÍA

Como base para este documento se plantea armar una única arquitectura simple y abierta, la bibliografía se base básicamente es estándares de las diferentes industrias, por ello las referencias son:

CNC: www.cnc.gob.ar
Para ver es uso del espectro en nuestro país. También se pueden ver otras regulaciones.

Wikipedia: http://es.wikipedia.org
Definiciones en general.

VSAT: http://es.wikipedia.org/wiki/Terminal_de_apertura_muy_pequeña
Definición en Wikipedia de VSAT

IEEE: www.ieee.org

Ethernet	802.3
VLAN	802.1Q
QoS	802.1p
Wifi	802.11 (ver variantes en: http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)
PoE	802.3af
PoE+	802.3at
WirelessHARD	802.15.4

ITU-T: http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx
Codecs de Voz: G.711, G.729, G.723.1
Codecs de Video: H.264, H.265

IETF: www.ietf.org

IP	RFC 791
TCP	RFC 793
UDP	RFC 768
MPLS	RFC 3031
VPNs MPLS	RFC 4363
IPSec	RFC 4301 (Seguridad)
SNMP	RFC 3412 (Administración)
RTP	RFC 3350 (Tiempo Real, voz y video)
sRTP	RFC 3711 (Seguridad en tiempo real)
HTTP	RFC 2616 (Protocolo web para aplicaciones por ejemplo)
CAPWAP	RFC 5415 (Controlador de Wifi)
Protocolos de Ruteo	
RIPv2	RFC 2453
OSPFv2	RFC 2328
BGPv4	RFC 4271

ISA: www.isa.org
ISA-100.11ª (Telemtría por Wifi)
Detalles: http://en.wikipedia.org/wiki/ISA100.11a
ISA-99 (Arquitectura de Seguridad en redes SCADA)

Wireless HARD
Detalles: http://en.wikipedia.org/wiki/WirelessHART

IEEE 802.15.4

ANSI: www.ansi.org

OFDM: http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing

CURRICULUM VITAE

Título: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Establecimiento: Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Facultad Regional Buenos Aires

Empresas:
Telefónica de Argentina 1998-2000
MetroRED de Argentina 2000-2002
MetroRED de Brasil 2002-2003
NorthData 2003-2004
Mercury Communications 2004-2005
Cisco Systems 2005 a la fecha.

Cargos en Cisco Systems:
2005 al 2013 Ingeniero de Cuenta (Systems Engineer)
Certificación: CCIE #23744
2013 al 2014 Gerente de Cuentas de Sector Público (Account Manager)
2014 a la fecha Gerente de Cuentas de Oil & Gas (Account Manager Oil&Gas)