

¿Por qué WiMAX?: Un manual crítico sobre la realidad inalámbrica

INTRODUCCION

Dicen que la historia se repite. Quienesquiera que sean los que "dicen", cuando se trata de hablar de la evolución de la tecnología inalámbrica, con mucha frecuencia tienen razón. Hace tres años tuvimos que lidiar con mucha gente en el mundo de la tecnología que nos decía "Wi-Fi va a aplastar a la tecnología de 3G Inalámbrica" y dominará el futuro de la conectividad de Internet. Dijimos y personalmente me pasé 18 meses diciéndole a la gente que Wi-Fi es genial (yo lo tengo en mi casa y QUALCOMM cientos de puntos de acceso en sus instalaciones) pero que no se emocionaran con eso de que Wi-Fi aplastará a 3G. Wi-Fi trabajará, complementará, aumentará (todo eso tiene sentido), pero... ¿reemplazará? Eso era una tontería.

Adelantemos un poco la historia. Ahora estamos en el otoño del 2005 y existe una cosa llamada "WiMAX". Para muchas personas en la comunidad tecnológica, esta ha sido una gran oportunidad para reciclar algunas de sus opiniones e incluso escritos sobre Wi-Fi, simplemente mediante una acción de "buscar y reemplazar", para retirar "Wi-Fi" y reemplazarlo con

"WiMAX". Al igual que con Wi-Fi hace algunos años, por alguna razón inexplicable, las personas que por lo general son muy críticas ante el trabajo de los medios se han mantenido calladas y continúan dando entrada a quienes apoyan a WiMAX.

El problema con esta postura es el mismo problema que con el Wi-Fi de hace algunos años. Cada parte de una historia, que en principio se oye muy bien, se hace más compleja cuando se examinan los detalles. Y la verdad se encuentra normalmente en los detalles.

Quienes me han oído hablar en público, ya sea en una sesión WiMAX en Networld Interop, en un panel sobre WiMAX en 3G CDMA Americas o los cientos de entrevistas personales con periodistas o analistas de la industria, siempre me han escuchado decir lo mismo.

El mundo real no es tan fácil y las respuestas no son tan simples. Me gustaría que así fuera, pero no lo es. Y lo que más me molesta es que los principales defensores de WiMAX afirman cosas sin sustento sobre la tecnología. Ahora mismo, los invito a ir a Google. Escriban "WiMAX 75Mbps 30 millas" o

Jeffrey K. Belk
Vicepresidente de Mercadotecnia
QUALCOMM Incorporated

“WiMAX 75Mbps 50 kilómetros” o “WiMAX Móvil 2005” obtendrán miles de resultados, con citas nuevas todos los días, y lo más seguro es que estén equivocadas.

Al igual que el alboroto de Wi-Fi hace algunos años, uno de los problemas más graves es que muchas personas leen, escriben y analizan estos problemas desde una perspectiva de TI. Estas personas tienen una gran experiencia con aparatos conectados a una PC y se sienten cómodos hablando al respecto. Ese lado de la industria de la tecnología está siendo guiado por un grupo de distribuidores que fabrican productos que se conectan a una PC. Pero también existen unas cosas molestas llamadas radios que no encajan bien en este ambiente. Hace mucho tiempo, en QUALCOMM, al no ser ingeniero, llegué a la conclusión de que el concepto de radio es como el vudú, y que los ingenieros que pueden domar una tecnología inalámbrica y trabajar con una cadena de valor para hacer que un estándar inalámbrico funcione en el mundo real deberían ser considerados los altos sacerdotes del mundo de la tecnología. Cada vez que ustedes presionan al botón verde de su teléfono celular, están entrando a lo que podría considerarse como la red más grande y más compleja del planeta.

Así que por qué no hablamos sobre algunas de las cosas acerca de WiMAX que están equivocadas. Una parte de esta explicación será “La tecnología inalámbrica para inexpertos”, pero como ya dije, yo no soy ingeniero, así que podré hacerlo. Y puedo decirles que si

no les gusta no tienen que leerlo. Al igual que con mis otros escritos, me gusta que me escriban con nuevos retos, pero tendrán que asegurarse de que sus datos sean correctos. No hace falta utilizar una hipérbole.

Antes que nada una advertencia: No afirmo, ni pretendo afirmar que WiMAX no existe. La versión “oficial” de WiMAX está estandarizada y está comenzando pruebas de interoperabilidad en España, de acuerdo con un anuncio hecho recientemente en los medios de comunicación. La estandarización de la versión “móvil” de WiMAX (802.16e) está circulando (a partir de septiembre del 2005), y podría estar ratificada en los próximos seis meses.

Pero dejando eso del lado, iremos “más allá del alboroto” y examinaremos algunos de los problemas que existen en la concretización de un estándar como WiMAX. Los problemas que describo tienen solución para CUALQUIER tecnología inalámbrica con la aplicación de tres cosas: tiempo, dinero y gente inteligente. Los retos que las personas de WiMAX Móvil enfrentarán son similares a los retos que han tenido que enfrentar TODOS los estándares de área amplia actuales, pasados o fallidos.

Y una segunda advertencia: En agosto del 2005, QUALCOMM adquirió un innovador desarrollador de tecnologías inalámbricas llamado Flarion. Debido a que la transacción aún está en proceso de revisión legal, me abstendré de describir el papel que Flarion tiene en esta explicación. Simplemente

piensemos que habrá mucho más que decir en el futuro.

Vamos a realizar un viaje por los siguientes temas:

- **Tecnología de Frecuencia de Radio 101:** Todo lo que siempre quiso saber acerca del radio pero que, honestamente, en realidad no quería saber.
- **Cómo utilizamos y utilizaremos realmente la tecnología inalámbrica 101:** Somos humanos y los humanos son predecibles. Haremos una descripción de personas reales y a continuación hablaremos de los usos individuales que se dan a las tecnologías inalámbricas avanzadas. Y para aquellos de ustedes que hayan leído mis artículos anteriores, mis viajes y experiencias personales con la tecnología inalámbrica en el mundo real.
- **La fabricación de un producto 101:** Por que no existe una varita mágica para la fabricación de productos tecnológicos.
- **La creación de un Estándar Inalámbrico 101:** Por que hacer un estándar inalámbrico es similar a fabricar salchichas y arrear gatos, sólo que más difícil.

TECNOLOGÍA DE FRECUENCIA DE RADIO 101

¿Los términos MHz, GHz, con licencia, sin licencia, morfología, zonas y NIMBY significan algo para ustedes? La triste realidad es que si pretende entender al menos parte del futuro de las tecnologías inalámbricas, incluyendo las afirmaciones acer-

ca de WiMAX, sea necesario que tengan algunas bases, al menos las suficientes, para ser consumidores de información suficientemente escépticos. Confíen pero verifiquen.

En los radios, como en la vida, siempre hay un punto medio. Si vieran el anuncio de una futura camioneta que pesa 2,500 kilos y ofrece 500 kilómetros por litro porque utiliza llantas gelatinosas, ¿serían escépticos? ¿Coman pizza todo el día y pierdan peso? ¿Una inversión sin riesgo y con ganancias anuales del 150%? Bueno, pues por las mismas razones obvias para la gente que sabe de tecnologías inalámbricas, el lema "75Mbps a 50 kilómetros" cae en la misma categoría.

Existen puntos medios básicos en las tecnologías inalámbricas. Desempeño, potencia de salida y distancia. Rapidez y distancia. Efectos de la interferencia. Qué tan eficientemente un servicio específico utiliza su ancho de banda. Cuántas personas quieren utilizar un servicio específico. Por qué es necesario tener más torres para soportar los servicios (lo que en inglés se conoce como "NIMBY" o "no en mi patio trasero"). Y un montón de razones más.

Potencia y distancia

Hagamos un experimento. Su voz es un dispositivo de comunicación inalámbrica. Vayan a un cuarto con un amigo. Susurran cosas uno a otro. ¿Vieron? No necesitaron un teléfono y no tuvieron que pagar el servicio por minuto. ¿Y si se alejan uno

de otro? ¿Tienen que hablar más bajo o más fuerte? Ahora aléjense más y más, hasta el punto donde tengan que gritarse uno a otro. Éste es el punto medio entre la potencia y la distancia.

En un nivel muy simplista, mientras más alejados uno de otro estén los transmisores, necesitarán más potencia para hacer que una señal llegue de un lado al otro.

Ahora salgan a hablar durante una tormenta. A la misma distancia uno de otro, ¿están hablando tan bajo o tan fuerte como cuando estaban dentro? ¿En un concierto de "heavy metal", a la misma distancia? ¿Más bajo o más fuerte? Éste es el efecto de la interferencia. De regreso en su oficina, intenten susurrarse de nuevo. Ahora, coloquen una pared entre ustedes. ¿Qué pasa si ponen dos paredes? ¿Están hablando más bajo o más fuerte para comunicarse? Ahora estamos comenzando a hablar sobre el efecto del ambiente físico sobre las capacidades de comunicación.

Rapidez y distancia

Ahora hagamos una comparación con banderas de señales. Imaginen que estamos en el siglo XIX en un barco de guerra (escojan el que ustedes quieren). Este barco está frente a otro, y ambos están a 100 metros de distancia uno del otro. Dos marineros experimentados hacen señales uno a otro con gran rapidez. Alguien en ambos lados está transcribiendo las señales y confirmándolas. (Rápidamente, pues los espera

el almuerzo). Después de unas cuantas horas, los mismos barcos están a varios kilómetros de distancia. El capitán está suficientemente lejos como para decir que está en la orilla de la distancia en la que el telescopio de su barco funcionará (ya estamos utilizando la tecnología para mejorar el desempeño en este ejemplo). ¿Las señales pasarán igual de rápido y con el mismo número de errores? No. Tomará más tiempo y seguramente habrá más errores que tendrán que corregirse, además de que confirmar los mensajes también tomará más tiempo.

El Sintonizador de Radio

Ahora tenemos que hablar con palabras un poco más técnicas, y las analogías ya no pueden ser tan simples. Primero un *Megahertz* (MHz) significa un millón de ciclos de radio por segundo. Después un *Gigahertz* (GHz) significa mil millones de ciclos por segundo. Aquí hay UNA REGLA IMPORTANTE: Mientras más alto estén en el espectro de radio, más cortas serán las longitudes de onda, lo que significa en términos de un nivel de potencia específico, que su señal recorrerá una distancia más corta. Hagan las cuentas. La luz viaja a 300,000 kilómetros por segundo. En Excel, incluso podrán calcular la longitud de un ciclo de radio para un ancho de banda específico. En serio, confíen en mí, cuando se "sube" el sintonizador de radio, las longitudes de onda se hacen más cortas. Aquí se necesitan algunas definiciones, acerca de cómo el espectro es analizado entre diferentes servicios, y las diferen-

cias entre el espectro con licencia y el espectro sin licencia.

Algunas bandas comunes de frecuencia de radio (de nuevo de manera muy simplificada):

- 450MHz: Radios para servicio público, algunos servicios de telefonía celular para áreas rurales
- 700MHz: bandas UHF para TV en los Estados Unidos (y algunos otros lugares), futuros servicios inalámbricos
- 850MHz*: Servicios de telefonía celular (incluyendo servicios de redes inalámbricas avanzadas 3G de área amplia o WWAN)
- 900MHz*: Servicios de telefonía celular
- 1700MHz / 1.7GHz: Servicios de telefonía celular
- 1800MHz* / 1.8GHz: Servicios de telefonía celular
- 1900MHz* / 1.9GHz: Servicios de telefonía celular (incluyendo servicios avanzados WWAN 3G)
- 2100MHz* 12.1 GHz: Servicios de telefonía celular (incluyendo servicios avanzados WWAN 3G)
- 2300MHz / 2.3GHz: En los Estados Unidos, transmisión satelital y para aficionados
- 2400MHz* / 2.4GHz: Wi-Fi, servicios inalámbricos en el hogar, monitores para bebés, hornos de microondas, banda ISM "sin licencia" y para propósitos "industriales, científicos y médicos", aunque usted no lo crea.
- 2.5-2.6GHz: Propuesto para WiMAX y otros servicios, también banda de extensión IMT-2000, BRS

- 3.4-3.6GHz: Propuesto para WiMAX y otros servicios en Europa y China; utilizado por el gobierno para localización por radio y radio de para aficionados en Estados Unidos
- 5.7GHz*: Más banda "sin licencia", Wi-Fi, teléfonos inalámbricos, uso comercial, propuesto para WiMAX (BWA fijo en Europa)

Espectro con licencia

Se trata de un espectro asignado a un proveedor de servicios por el organismo legal de un país para un uso específico. En Estados Unidos, el responsable de ello es la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones). En muchos casos, la gente utiliza un espectro concedido hace muchos años, como en las transmisiones de televisión, o espectros concedidos a los sistemas originales de teléfonos celulares hace 20 años. Otras partes del espectro con licencia fueron subastadas por la FCC al mejor postor, y las ganancias fueron para el gobierno de Estados Unidos.

Imaginen que las subastas son lugares donde el gobierno vende "propiedades", o en este caso "derechos de propiedad" a los mejores postores.

Este concepto de derechos de propiedad para el espectro inalámbrico es crítico. En este caso, si los operadores inalámbricos no tuvieran el uso claro y completo de su espectro, el pequeño Johnny con su transmisor de radio de juguete podría poner fuera del aire a su estación de radio local, o sacar del aire a la torre local de servicios ce-

lulares a la mitad de su llamada telefónica. Johnny malo... muy malo.

Espectro con licencia "*"

Notarán que muchas de las bandas mencionadas más arriba tienen un asterisco junto a ellas. Estas bandas son (por lo general, aunque hay excepciones) "armonizadas" de manera global. Todos los gobiernos del mundo tienen un organismo normativo que coordina el uso de su espectro de radio, por cuestiones de seguridad pública, uso militar, gubernamental, universitario, de transmisión televisiva, de radio, de servicios celulares, servicios 3G, Wi-Fi, etc. Periódicamente, se reúnen para "armonizar" lo más posible los diferentes espectros en todo el mundo. Existe un grupo llamado WARC dedicado eso (si quieren saber más, hagan una búsqueda en Google). Esa es una cuestión MUY complicada. Cuando sus celulares funcionan al viajar de Canadá a México o de Londres a Hong Kong, eso es el resultado de los esfuerzos de armonización. La armonización del espectro en diferentes regiones ayuda a los estándares inalámbricos a tener una adopción global y resulta crítico para que los fabricantes puedan producir dispositivos en masa y reducir las curvas de precio. Regresaremos a esto más tarde.

Frecuencia, distancia y NIMBY

Ahora ya hemos unido distintos factores. Mientras más se incrementa el dial del espectro,

como por ejemplo de 900MHz a 2100MHz (2.1 GHz), o de 1900MHz a 5.7GHz (5700MHz), más corta se hará la longitud de onda de cada "ciclo" individual y la señal viajará a una distancia más corta con la misma potencia. Por ejemplo, se tienen una señal de una tecnología específica sobre una torre de 30 metros con un transmisor de 30 watts, esa señal llegará mucho más lejos en un sistema de 900MHz que en un sistema de 2100MHz (2.1 GHz). De hecho, algunas de las bandas mencionadas más arriba podrían requerir de seis a ocho veces más torres de transmisión inalámbricas y bastantes más estaciones que los sistemas implementados más "abajo" en el sintonizador de radio. Cualquier sistema nuevo, especialmente un sistema con mayores bandas, necesitará muchas más torres para cubrir una región específica. Tomando en cuenta que con frecuencia a los gobiernos locales les toma años aprobar la ubicación de una torre inalámbrica y que por lo general hay cientos de miles de dólares de costos técnicos, legales y locales para colocar una sola torre, esto representa un fuerte golpe para el modelo de negocios de cualquier proveedor de servicios.

Como ejemplo de ello, QUALCOMM y otras compañías de tecnología en San Diego han trabajado con operadores inalámbricos durante años para tratar de instalar servicios celulares en algunas localidades del país, y podrán imaginarse lo desalentador que puede ser un reto así.

Sitios y Morfología de Servicios Celulares

El ambiente físico en el cual se coloca una torre también es importante. ¿Recuerdan el ejemplo de tener una pared y después dos paredes entre dos personas tratando de tener una conversación? La planeación y colocación de redes inalámbricas es un reto tecnológico sorprendentemente complejo. Tomemos por ejemplo una torre inalámbrica de 30 metros de altura en un campo plano en el oeste de Estados Unidos, con estructuras de madera de un piso, todo a la vista. Ahora tomemos la misma torre de 30 metros (con la misma frecuencia) y coloquemosla en un área suburbana, con muchos edificios de cuatro pisos, edificios de acero o concreto, y bastantes elevaciones naturales. ¿Qué torre cubrirá un área mayor con más consistencia? A pesar de que estas torres trabajan a la misma frecuencia, habrá enormes diferencias en su desempeño. Ahora movamos una torre hacia "arriba" en el sintonizador de radio donde la señal alcanzará la mitad de la distancia para un nivel de potencia específico. En este caso quizá se requieran cuatro veces más el número de sitios celulares en ambientes suburbanos en comparación con una sola torre en el área rural. Esto es lo que se conoce como morfología. Nunca antes habían visto esta palabra mencionada en los debates de Wi-Fi hace algunos años, pues Wi-Fi era para uso local, fijo y en interiores, y tampoco en los debates actuales de WiMAX Móvil hoy en día, pero cuando se habla de redes exteriores o de movilidad, la morfo-

logía es importante. Muy importante.

Sitios y Costos de Servicios Celulares

Para este ejemplo, imaginaremos que tenemos una torre inalámbrica de 90 metros en un área rural y una torre de 30 metros en un área suburbana. Imaginemos que ambas utilizan la tecnología inalámbrica A. Cerca de ambas torres, en las áreas rurales y suburbanas, se encuentran torres idénticas en tamaño y altura, pero que utilizan la tecnología inalámbrica B. Antes de que se construyeran ambas torres, los operadores de las dos torres tuvieron que comparar la tierra y obtener la autorización para la zona y la construcción de ambas torres. ¿Cuál es la diferencia en costos entre las torres de la tecnología inalámbrica A y de la tecnología inalámbrica B? ninguna.

Ahora ambos operadores deben colocar las fuentes físicas de las torres: esas grandes cosas de metal que no pueden comprarse en Home Depot. Estamos hablando de materiales especializados, con enormes problemas estructurales. ¿Alguna vez han visto la cobertura en las noticias de alguna tormenta o vientos fuertes? ¿Ustedes creen que al viento le importa qué tecnología utiliza una estructura para transmitir? Diferencia de costo: Ninguna. Ahora ambas torres tienen antenas en la punta. Problemas con el viento (piensen que las antenas de radio son como velas de navegación), que representa ingeniería más costosa. Diferencia de costo: ninguna.

Ahora bien, la señal tiene que ir de la parte superior de la torre al equipo de radio que se encuentra en la base de la torre, el cual necesita cableado especializado y costoso.

Diferencia de costo: ninguna. Hoy en día existen equipos para administrar la conexión de radio, llamados estaciones de base. Estas estaciones de base necesitan estar colocadas en algo que les proporcione potencia, protección, etc. Diferencia de costo: ninguna. Ahora llegamos al equipo que administra los radios, y aquí sí habrá algunas diferencias de costos. De hecho, si hablan con diferentes distribuidores de infraestructuras, ellos les dirán que con frecuencia el mismo "rack" para tarjetas de radio en la estación base soporta múltiples tecnologías.

LO BÁSICO SOBRE LA TECNOLOGÍA DE FRECUENCIA DE RADIO 101

Hasta ahora he hablado de algunos problemas clave en la planeación de radio de la manera más sencilla posible. Esta información es técnica y horrible para implementar. Si alguna persona o alguna compañía les dice "75Mbps en 50 kilómetros", no hay ninguna información importante en esa frase. No significa nada, a menos que conozcan la banda de frecuencia y el ancho de banda del espectro del que están hablando, la potencia del amplificador, la morfología y la interferencia en el ambiente del sistema, entre una larga lista de detalles técnicos, incluyendo si se trata de un sistema fijo o móvil.

Hablamos de un reto bastante importante en términos del radio. Cuando QUALCOMM retó la sabiduría convencional del mundo inalámbrico a principios de los 90, siempre hubo mucho escepticismo en cada cosa que hacíamos. Todo el tiempo una gran presión para "probarlo". Al principio, cuando éramos una compañía del tamaño de las compañías que apoyan WiMAX, o mucho más pequeña, que cada paso que dábamos debía estar acompañado por los resultados detallados de la simulación, las pruebas y todos los datos disponibles, lo que representaba enormes retos para la comercialización. Nuestros socios y el mismo QUALCOMM eran atacados con frecuencia por un grupo muy grande que no quería que fuéramos exitosos. Durante los últimos dos años he solicitado a las personas de cuatro continentes información sobre WiMAX, ya sea sobre WiMAX fijo o sobre el que me parece más importante en este debate, WiMAX móvil. ¿Qué he obtenido en dos años? Nada. ¿No debería esto ocasionar algo de escepticismo en los grupos adecuados?

Lo que esto significa

En el 2005 se producirán más de 600 millones de teléfonos celulares y dispositivos inalámbricos. Esos dispositivos han hecho que, con una increíble rapidez, la curva de costos disminuya y la curva de capacidades aumente.

¿Por qué? Porque existen dos estándares importantes, los dos con el soporte de un gran número de compañías utilizando

un espectro armonizado (las bandas con el asterisco), lo que permite a las compañías fabricar los mismos dispositivos para mercados globales.

Otra manera de ver esta cuestión es pensar que sus celulares tienen varios radios en diferentes partes del espectro inalámbrico que están "incrustadas" o "integradas". En los Estados Unidos, el teléfono que tienen probablemente tenga radios integrados de 850MHz y 1900MHz, y ustedes no saben o no deberían saber, qué parte del sintonizador de radio con licencia está usando su teléfono cuando hacen una llamada. En Europa, lo más probable es que su teléfono tenga entre 900MHz y 1800MHz e, incluso cada vez más común, 2100MHz (2.1GHz). Cada vez es más fácil integrar radios a un teléfono, aunque de ninguna manera es algo trivial. Lograr que esto sea posible ha llevado años, ha costado mucho dinero y ha requerido muchas personas preparadas.

CÓMO UTILIZAMOS Y UTILIZAREMOS REALMENTE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA 101

Cuando escuchamos afirmaciones acerca de nuevas tecnologías, como por ejemplo la época, hace unos dos o tres años, en que se decía "Wi-Fi dominará el mundo inalámbrico", o los gritos estridentes de las personas de WiMAX; nosotros los humanos no hemos cambiado mucho. En cualquier caso, no por muchos milenios.

La mayoría de nosotros prefiere el placer al dolor. Preferimos

lo más económico y no lo más caro (para productos similares). Preferimos lo rápido a lo lento (cuando se trata de servicios). Preferimos la comodidad sobre la incomodidad (a menos que seamos masoquistas).

Y sin embargo, de alguna manera, parece que todo esto se nos olvida cuando llega la nueva ola de tecnología. De hecho, siempre tenemos la esperanza de que haya un lanzamiento tecnológico que lleve al mismo ciclo de despliegue publicitario. Así que, demos un paseo por los últimos dos años, salpicado como siempre (para quienes hayan leído mis otros trabajos) con mis propias experiencias en el mundo real.

Durante los últimos dos años, muchas cosas han cambiado en el mundo inalámbrico. Wi-Fi (802.11 a/b/g) se encuentra ahora en las casas de usuarios pioneros en todo el mundo, conectados a módems o conexiones DSL. Wi-Fi no es y nunca ha sido gratuito, porque si ustedes tienen Wi-Fi en casa, alguien les está cobrando por ello (es decir, por el módem o por la conexión DSL a la cual está conectada su red Wi-Fi). Cada vez más y más negocios cuentan con Wi-Fi. QUALCOMM, por ejemplo, tiene ahora más de 500 puntos de acceso. Algunos negocios les permiten utilizar sus redes Wi-Fi y otros no.

El mundo de los "hotspots" ha demostrado no ser una panacea inalámbrica. ¡Sorpresa! Los hotspots son algo útil, pero dudo que alguien se esté haciendo millonario con ellos. Las grandes compañías tienen algunos problemas, y las empresas de hace algunos años no son

más que referencias históricas. El "Wi-Fi Municipal" parece estar de moda últimamente, pero dudo que alguien piense que crearemos que nuestros gobiernos locales al borde de la bancarrota, los cuales tienen suficientes cosas de qué preocuparse, como el funcionamiento de las escuelas, el arreglo de las calles, los fondos para los planes de pensiones y que tengan suficiente dinero para convertirse en proveedores de TI en gran escala (y además para servicios subsidiados).

Cuando vamos a Starbucks casi nunca vemos a nadie utilizando una PC. Cuando esperamos en el aeropuerto rara vez vemos a alguien en las zonas de cobertura (hotspots). E incluso vemos que las cafeterías apagan sus puntos de acceso porque quieren que la gente hable e interactúe.

Lo que sí vemos son teléfonos celulares. Vemos celulares en todas partes: gente hablando y gente mandando mensajes. Miles de millones de llamadas todos los días. Miles de millones de mensajes de texto todos los días. Todos ellos ayudando a financiar la transformación más importante en la historia de las telecomunicaciones. Los últimos dos años han sido testigo de casi 200 millones de usuarios de servicios 3G en todo el mundo. Los próximos años serán testigo de cientos de millones más. Áreas muy amplias (ni aeropuertos, ni calles, ni centros urbanos) están recibiendo cobertura por parte de redes que pueden proporcionar eficientemente cientos de kilobits de acceso inalámbrico confiable. No en el 2007, el 2008 o más allá, sino el día de hoy. Hace

dos años en Estados Unidos, Verizon Wireless estaba realizando pruebas para CDMA2000 1xEV-DO (yo no soy responsable del acrónimo). Actualmente, cerca de una tercera parte de Estados Unidos está cubierta por la red de Verizon Wireless que proporciona niveles máximos de conexión de 2.4Mbps (en general deberían ignorarse los niveles máximos) y desempeño de red para el mundo real de 400 a 700kbps (pongan atención a los niveles de desempeño para el mundo real). Más rápido que muchas conexiones DSL y más rápido que muchas de sus redes corporativas. ¡En redes enteras! Este año, Sprint Nextel presentará su red CDMA2000 1xEV-DO y Cingular presentará su sistema WCDMA. Para 2006 ó 2007 habrá tres redes abarcando en territorio enorme en los Estados Unidos.

Permítanme hacer un paréntesis breve pero importante. Recuerden que anualmente se venden más de 600 millones de teléfonos celulares en todo el mundo, entre 100 y 120 millones de computadoras de escritorio, y entre 50 y 70 millones de laptops/notebooks (no tienen que creer en mi palabra, los invito a buscar sus propias fuentes). Cada vez más y más de esos cientos de millones de teléfonos son dispositivos que se asemejan a las capacidades de las computadoras de hace cinco o seis años. Además, cada día se colocan capacidades más sorprendentes en los teléfonos: cámaras con muchos megapíxeles, GPS, juegos 3D, reproducción de música y video, etc. Discos duros en teléfonos. Teléfonos que tienen salida

de video para conectarse a una televisión. Se trata de un proceso que no va a parar, un proceso que Qualcomm hará lo posible por acelerar.

Por otro lado, al día de hoy existe un número cada vez mayor de dispositivos PDA con EV-DO integrado, y recientemente hemos tenido los primeros anuncios de laptops e importantes fabricantes que integran EV-DO y WCDMA en sus productos.

También Wi-Fi está más presente en espacios privados, el hogar y la oficina. WWAN se está desarrollando increíblemente rápido en todo el mundo, con base en las economías de escala de 600 millones de usuarios de voz que compran teléfonos y servicios nuevos que contribuyen a crear sistemas de miles de millones de dólares de infraestructura en tierra hoy, mañana y el día siguiente. Además, como un pequeño elemento extra para los guerreros del camino cada vez más hoteles cuentan ya con acceso gratuito Wi-Fi, acceso gratuito por cable a Ethernet o servicios por cable e inalámbricos de pago por tarifa diaria.

Reunamos todos estos elementos y realicemos un viaje real con un guerrero del camino inalámbrico; alguien con acceso a las tecnologías más avanzadas y que sin embargo se mueve a un punto medio: yo. Cuando estoy en San Diego, utilizo mi teléfono celular, un dispositivo EV-DO, utilizo los juegos 3D; a mis hijos les encanta jugar Frogger y hay un increíble juego 3D de esquí en nieve que en verdad puedo jugar aún teniendo más de 40, descargo videos, por lo general de CNN, envío

mensajes de texto (SMS) y utilizo el mensajero instantáneo (MI) con mis colegas del trabajo. Tengo un dispositivo de correo electrónico, en este caso un dispositivo basado en EV-DO Pocket PC. Es demasiado pesado para ser mi único dispositivo, y no me gusta utilizarlo como teléfono, pero está bien para mi agenda y correo electrónico. Además, puedo descargar documentos adjuntos y páginas web completas y con gran claridad. Es un dispositivo muy útil y una muestra de los dispositivos aún mejores que vendrán en el futuro. Mi laptop tiene una tarjeta EV-DO PCMCIA (PC card) con un servicio fijo de "hable todo lo que quiera" por menos de 60 dólares al mes con un proveedor de servicio en los Estados Unidos.

Después de estos antecedentes, les hablaré de algunos viajes de negocios. De nuevo quiero aclarar que soy humano, como la mayoría de los lectores de este documento. Placer y dolor. Rápido y despacio. Menos costoso y más costoso. Esas cosas.

A principios de año asistí a la Reunión del Consejo de Ejecutivos de Mercadotecnia en Washington, D.C., armado con mis dispositivos de siempre: un teléfono EV-DO, una PDA EV-DO y una laptop con una tarjeta EV-DO. En el auto rumbo al aeropuerto utilice mi teléfono (hasta aquí ninguna sorpresa). Revisé mis correos y mi agenda en la PDA EV-DO. En el aeropuerto, no encontré ningún lugar de cobertura Wi-Fi a la vista; seguramente habría sitios de pago por ahí, pero no en el kiosco de Starbucks donde compré mi café, así que encendí mi laptop y me conecte a la velocidad que tenía disponible.

EV-DO funciona y funciona muy bien, así que me gusta revisar mis correos y navegar normalmente, y no me preocupo por cuáles son mis "niveles máximos" o mi "desempeño promedio de datos". Tan sólo hago mi trabajo. Quizás haya gente por ahí utilizando su tiempo en verificar los niveles máximos de desempeño de la red, pero me imagino que la mayoría de ustedes no sabe cuáles son sus niveles de desempeño desde aquellos días de conexión telefónica por módem (si es que no han bloqueado ya esos horribles recuerdos). Para las cosas que hacemos hoy, correo electrónico, navegación, VPN, acceso a Internet, EV-DO (WCDMA y HSDPA llegarán pronto), sus tareas son transparentes. No me crean mí, inténtenlo ustedes mismos.

Me quedé en que volaba a D.C., y aterricé en el aeropuerto de Dulles. Me subí a uno de esos extraños autobuses en el aeropuerto que seguramente son obra del primo de alguien en el aeropuerto que consiguió el contrato durante los días de la Guerra Fría. Ahí utilicé mi teléfono. Leí mis correos en la PDA (seguramente ya estarán pensando que estoy obsesionado con la tecnología). Renté un auto y me fui a mi hotel en D.C., el Hotel Mónaco. Un excelente lugar, justo a un lado del International. En ese momento sucedió algo raro en la historia. El hotel no tiene Wi-Fi, pero ofrece Internet por cable gratis. Personalmente, gran parte de mis actividades con la computadora mientras estoy en un hotel las hago sentado en el escritorio y no caminando por el cuarto, además de que el cable de Internet gratis está frente

a mí en el escritorio. Así que lo uso.

¿Por qué? ¿Porque es gratis? No, porque mi acceso con tarjeta EV-DO me ofrece acceso ilimitado mensual por un precio fijo, lo que hace que mi "costo marginal" por otra sesión sea también "gratis". Utilicé la conexión Ethernet en el Mónaco porque en este caso es más rápida que mi tarjeta EV-DO. Esto no siempre es así, pues a veces en mi casa mi tarjeta EV-DO es más rápida que mi módem por cable.

Después de la conferencia fui a casa de mi suegro en Annandale (un suburbio de Washington D.C.) para una reunión familiar durante el fin de semana.

De todas formas tenía que comunicarme y revisar mis correos electrónicos y utilicé mi teléfono para las llamadas de voz, como siempre. Le pregunté a mi suegro si tenía Wi-Fi, y (no es broma) me respondió "No tengo conexión inalámbrica". Y de hecho sí tiene una red Wi-Fi, pero no sabía que se llama "Wi-Fi". Se trataba de un sistema Wi-Fi que (quizás alguno de ustedes lo recordará por mis artículos previos sobre Wi-Fi) fue instalado y configurado por mi cuñado, quien trabaja para una compañía de seguridad Wi-Fi. Cuando llegué por primera vez a la casa de mi suegro, de nuevo utilicé mi tarjeta EV-DO porque no pude conectarme, ya que la red Wi-Fi tiene encriptación WEP. Una vez que regresó

mi cuñado, él me dio la contraseña para la protección WEP de la red Wi-Fi que mi suegro había olvidado hacía mucho tiempo.

Aquí hay algo fuera de lo normal: ¿Cuántos de ustedes tienen un cuñado que trabaje en el negocio de la seguridad Wi-Fi que pueda conectarlos legalmente a un sistema local Wi-Fi? Imagino que no muchos.

Así que después de un fin de semana divertido y bastante agitado con un suegro, una esposa, dos cuñadas, cinco pequeñas de menos de diez años y el bebé Sebastián, el primer niño en la familia de mi esposa en 60 años, regresé a San Diego. No por mucho tiempo,

pues unos días después fui de viaje al Reino Unido.

En este viaje, mi ruta fue: San Diego-Chicago-Londres La misma historia. Admiral's Club en San Diego, ¿Pagar por la Wi-Fi? No gracias, preferí usar mi tarjeta EV-DO.

Al hacer la conexión en Chicago, de la Terminal H a la Terminal Internacional, no hubo tiempo de nada, pero adivinen qué. EV-DO funciona ahí, como me lo indicó claramente mi teléfono. Al aterrizar en Londres, me dirigí al Metropolitan Hotel en Old Park Lane.

Se trata de un gran hotel, pero esto sucedió hace ya dos años, y los servicios de conectividad están un poco atrasados en Europa (razón por la cual es importante que WCDMA comience a funcionar aún más rápido). Me he acostumbrado rápidamente a tener la tarjeta EV-DO en la mayoría de los lugares que visito en Estados Unidos, y pronto habrá aún más cobertura. En el Metropolitan, uno tiene un excelente hotel, pero las opciones de conectividad son un poco limitadas. Los cuartos cuentan con cable para Ethernet, el cual se activa mediante la consola interactiva de la televisión Siemens/Fujitsu, algo que uno aprende después de llamar a la recepción. Una vez hecho eso, conectan su cable Ethernet y tienen dos opciones. La primera opción es utilizar los primeros diez minutos de acceso Ethernet gratis y después pagar £1.50 por cada diez minutos siguientes (unos \$30 pesos por cada diez minutos). La segunda opción es pagar £20 por 24 horas (unos \$400 pesos diarios, ¡uffff!).

Mis contrapartes en Europa no están mejor que digamos. Al preguntarles acerca de sus opciones de conectividad, uno se entera de que cuentan con tarjetas de datos WCDMA bastante útiles y funcionales, similares en desempeño a las tarjetas EV-DO en los Estados Unidos, pero pagadas por megabyte, eso sin hablar de lo complicado que es moverse de un país a otro. Recuerden que viajé de San Diego a Washington D.C. (4,000 kilómetros), con el mismo plan tarifario listo para funcionar cuando bajé del avión. O de San Diego a Chicago (3,000 kilómetros). Sin embargo, cuando hicimos una pequeña excursión de un día, de Londres a otro país a unos 1600 kilómetros de distancia, uno de mis colegas se vio en muchos problemas y tuvo que pasar cerca de una hora en llamadas a servicio a clientes con un operador inalámbrico para utilizar su tarjeta WCDMA. Éste no se trató de un problema "estándar" o "de tecnología", pues durante el 2005 se distribuirán más de 45 millones de dispositivos WCDMA a todo el mundo, y se trata de un problema que incluso se podría resolver hoy, pero nos habla de los problemas que todos los usuarios inalámbricos enfrentan a medida que evolucionan los nuevos estándares.

¿Cuál es el punto de la historia? El punto es que yo tengo acceso a un mayor número de opciones de conectividad que el guerrero del camino promedio. El consuelo, queridos guerreros del camino en todo el mundo, es que ustedes también tendrán estos juguetes, más pronto de lo que piensan. Sin embargo, las decisiones que tomaremos, hoy y durante los próximos años, estarán basadas en

un proceso racional de toma de decisiones como costo, desempeño, comodidad, desempeño en el mundo real y no con base en presentaciones de Power-Point que muestran visiones ficticias sobre el mundo futuro.

LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO 101

Hagan una búsqueda en Google. Escriban "WiMAX 2005". Encontrarán bastantes (¿miles?) de artículos sobre "Mobile WiMAX Solutions" disponibles en el 2005. Reemplacen "2005" con "2006" y encontrarán aún más referencias, muchas de ellas en artículos en apoyo a WiMAX por parte de compañías que me parece que deberían saber más.

Existen dinámicas básicas para crear una tecnología y productos REALES que perjudican muchas de las afirmaciones hechas por la gente de WiMAX. Afirmaciones que leemos en artículos y comunicados de prensa todos los días. Llámoslas la "Teoría de la varita mágica en el diseño de productos".

Por mucho que nos gustaría que existiera, no hay ninguna varita mágica. Crear dispositivos, ya sea con cables, inalámbricos, portátiles o de escritorio es un proceso difícil y costoso. El 2005 ésta a punto de terminar. Analicemos a un fabricante hipotético (uno de los mejores) de laptops. ¿Levanta la mano para mostrarnos una nueva línea de laptops? No lo creo. Hay muchos ingenieros, mercadólogos, gerentes de producto, administradores financieros y muchos administradores que necesitan tomar decisiones y hacer sacrificios difíciles para de-

cidir qué productos son aprobados para ser desarrollados y cuáles no. Esas personas necesitan definir qué hace un producto y qué funciones contiene, dentro de las restricciones de su modelo de negocios.

No estamos hablando solamente de servicios inalámbricos. Se trata de una larga lista de sacrificios (costo contra funciones, contra facilidad de fabricación, contra segmentación, contra demanda esperada en el mercado) que muchas de estas personas deben hacer. No es divertido ni es totalmente científico.

Hace algunos meses tuve una conversación con el Gerente General de un importante fabricante internacional de computadoras. Le pregunté directamente que, a pesar de que esta compañía oficialmente apoya a WiMAX, dónde, en una escala del 1 (poco probable) al 10 (inminente) está el WWAN integrado en comparación con el WiMAX integrado en sus planes de productos.

La respuesta fue que integrar WWAN es mucho más probable (8-9.5) que WiMAX (1-2). Mis colegas han tenido conversaciones similares con otros dos distribuidores importantes de computadoras y han obtenido las mismas respuestas. Las razones para ello abundan.

Durante los próximos minutos, todos vamos a jugar a que somos gerentes de producto para uno de los cinco más importantes fabricantes de computadoras personales en el mundo. Específicamente, las personas encargadas de la definición del producto para las líneas de laptop y notebook son bastante irrelevantes para las personas

que definen y especifican las computadoras de escritorio.

Así que, somos un gerente de producto para la compañía ficticia "Laptop Co." En su trabajo en Laptop Co., ustedes tienen presupuestos limitados, personal limitado, enormes presiones financieras y personal de ventas que les grita lo que parece una lista a Santa Claus llena de objetivos de precios y funciones futuristas e inalcanzables para su nueva línea imaginaria de productos.

Antes que nada, estamos en el cuarto trimestre del 2005. ¿Quieren diseñar productos para sus presentaciones en noviembre del 2005? No. Ese plan de producto ya es historia y sus OEMs y ODMs ya tienen partes en las bodegas para los primeros lanzamientos de productos. Ese arroz ya se cocinó. Si son un fabricante de ciclos rápidos, estarán examinando y desarrollando sus planes de productos con 9 a 18 meses de anticipación. Esto significa que actualmente están creando especificaciones y diseñando productos que estarán listos para finales del 2006 e incluso para el 2007.

Y ya tienen limitaciones. ¿Sus nuevos productos pueden costar más que los de sus competidores, si están enfocados en los mismos públicos? ¿Necesitan nuevas funciones para atraer nuevos clientes? ¿Pueden acortar la vida de su batería? ¿Pueden colocar una pantalla con menor resolución, ofrecer menos conectividad o menos capacidades multimedia? Si ya cuentan con capacidades 802.11 a/b/g, ¿pueden eliminar sus capacidades para LAN inalámbrica? Y la respuesta a

todas esas preguntas: seguramente no.

Así que tienen la presión de examinar las tecnologías WWAN, pues la fuerza de ventas de la empresa ha tenido dos influencias importantes. Por un lado, las empresas en todo el mundo han estado probando las tarjetas EV-DO o WCDMA y les han encantado. Los profesionales móviles que utilizan estos dispositivos han obtenido ganancias de productividad del 10 al 40% o más, los departamentos de TI han obtenido fenomenales rendimientos en su inversión y cuando tratan de solicitar la devolución de las tarjetas a los vendedores, ellos dicen cosas como "tendrás que sacar esta tarjeta de mi laptop de entre mis dedos fríos cuando esté muerto". Como ven, a la gente le gusta esta tecnología.

Por otro lado, hay otros distribuidores hablando de "Mobile WiMAX". En el 2004, ellos le decían a la gente (y lo que es peor, dejando que la gente creyera) que tendrían movilidad WiMAX en el 2005.

Ya estamos en el 2005 y algunos siguen diciendo 2006, mientras otros dicen 2007 e incluso 2008. Sin embargo ustedes, señores gerentes de producto, ya tienen lista gran parte de su línea de productos para el 2006. WiMAX Móvil, la especificación IEEE 802.16e no es un estándar y probablemente no será un estándar durante algún tiempo; incluso algunas versiones tempranas de un "estándar" dejarán mucho a la interpretación. Sus agentes de ventas están diciendo que hay algunos gerentes de TI confundidos diciendo "algunos distribuidores importantes en la comunidad de TI están diciendo que

necesito laptops con WiMAX integrado, así que dámelas”.

¿Qué pueden hacer? No estamos hablando de una agencia de venta de circuitos que encaje en WiMAX. ¡NO HAY NINGÚN ESTÁNDAR! No haya una idea clara de cuánto costará poner radios WiMAX en sus líneas de laptops. No hay ningún modelo empresarial claro que demuestre que si se integra la capacidad WiMAX en su laptop, a precios estratosféricos en un principio, los clientes realmente comprarán el producto.

Por otro lado está el molesto asunto del radio que a base de golpes han terminado por entender después de cuatro o cinco años con ambas soluciones, WLAN y WWAN. ¡Qué odiosos son los radios! A lo largo de los años han tenido suficientes problemas con las regulaciones sobre las emisiones clase 15 de la FCC, las cuales han controlado los tipos de emisiones de frecuencia de radio que esos dispositivos pueden emitir a partir del funcionamiento general con su microprocesador y otros circuitos.

En el 2001, sus laptops avanzadas comenzaron a integrar 802.11 b. Esto provocó todo tipo de problemas mecánicos y con las emisiones pues de pronto hubo que diseñar complicadas *antenas* para las laptops que nunca antes habían tomado en cuenta. Si fueran fans de Star Trek, su cabeza estaría dando vueltas y pensarían “es una computadora, Jim, no un maldito radio”. Después llegó Bluetooth, con más dolores de cabeza. En serio, ¡qué odiosos son los radios!

Después de que finalmente resolvieron sus problemas con los radios y su esposa dijo que al fin dejaron de despertar a mitad de la noche gritando y sudando por las pesadillas que les provocaba la FR, llegó WWAN. Sus clientes empresariales más importantes comenzaron a probar tarjetas WWAN de distintos sabores. De pronto tuvieron una laptop Clase 15 aprobada por la FCC y sus clientes comenzaron a conectar tarjetas WWAN Clase 15 aprobadas por la FCC. ¡Y empezaron a pasar cosas muy malas!

Sus laptops y la mágica emisión de FR de su laptop (¿recuerdan que dijimos que la FR es lo mismo que el vudú?) comenzaron a trabar la tarjeta “PC card”. Los clientes de sus vendedores estaban molestos, así que sus vendedores también estaban molestos. ¿Y a quién llamaron? A ustedes. Esto nos motivó a tomar un curso express con los distribuidores de las “PC cards” y los sacerdotes más importantes en FR para resolver sus problemas de interferencia y evitar que su laptop bloqueara la tarjeta. Fueron seis meses infernales, pero al final solucionaron el problema. Los chicos de venta estaban contentos y, aún más importante, los clientes estaban contentos y cientos de miles de ellos estaban instalando “PC cards” en sus laptops y la tecnología les estaba encantando.

Ahora ustedes están leyendo acerca de WiMAX, y tienen sus sospechas habituales sobre todo este alboroto. Ya tienen 802.11 b/g en sus productos. Ya han solucionado los problemas con Bluetooth. Por fortuna los problemas de FR WWAN con PC cards han quedado en

el pasado. Ahora están realmente considerando la posibilidad de integrar soluciones WWAN como EV-DO y WCDMA en mini-PCI cards para próximos modelos. Y los cuates de WiMAX siguen estropeando su vida.

Si ustedes hacen productos, ¿cuál es su objetivo? Quieren dar servicio a sus clientes y quieren ganar dinero. Quieren minimizar el número de productos que construyen y minimizar los costos de servicio. Fabricar productos es difícil y entonces llega WiMAX y los pone a temblar:

1. Hay gente diciendo por ahí “75Mbps a 50 kilómetros” sin especificar si este número es para servicio móvil o no.

2. No hay ningún estándar completo para WiMAX Móvil, y las fechas para la implementación comercial del WiMAX Fijo (802.16d) y Móvil (802.16e) se siguen posponiendo.

3. No hay ninguna definición respecto al espectro en que WiMAX estará operando: 700MHz, 2.3GHz, 2.4GHz sin licencia, 2.5GHz-2.65GHz, 3.4-3.6GHz, 5.7GHz sin licencia, entre otras bandas que han sido mencionadas.

4. A diferencia de 802.11 b/g y Bluetooth, ambos en 2.4GHz sin licencia, y la solución de problemas con WWAN (850/1900MHz, 900MHz / 1800MHz, 2100MHz) del espectro armonizado global, nadie sabe dónde aparecerá WiMAX.

5. Así que no hay ningún estándar, ninguna información disponible sobre el desempeño en el mundo real del estándar pro-

puesto, y no hay ningún espectro global armonizado.

6. ¿Qué construyen entonces?

Si ustedes son un fabricante de laptops, lo que quieren es tener una visión global. Quieren estrategias eficientes de manufactura y servicio global. Me imagino que acuden con sus gerentes o con la gente de ventas, con los ojos llorosos por la presión y el whiskey, implorando "¡necesito alguna definición de lo que este WiMAX es realmente; me están volviendo loco pues no puedo definir y construir un producto para un comunicado de prensa!"

Necesitarían saber cuándo habrá un estándar y cuando ese estándar será suficientemente sólido para establecer un plan de producto. Necesitarían saber qué tipo de radios colocar en el dispositivo, pues se requieren antenas y las antenas necesitan seguir la versión inalámbrica del Juramento Hipocrático: "radios, no hagan daño". Incluso en el caso de que hubiera un estándar, si hay un montón de bandas de radio diferentes ordenadas por región, país o norma, "¿qué demonios se supone que debo construir?" No es gracioso. Así que, de nuevo el problema se resume en contar con un estándar, lo que nos lleva a...

LA CREACIÓN DE UN ESTÁNDAR INALÁMBRICO 101

Ésta es la explicación de una transparencia en una presentación que pedí a mis colegas durante la parte más difícil de la guerra santa de la tecnología

de radio. Por fortuna, en el mundo WWAN esos tiempos han quedado atrás. Mi inversión original de la transparencia decía que el primer paso a seguir para cualquier estándar inalámbrico nuevo era "emitir un comunicado de prensa", pero mis colegas hicieron que desistiera. Así que aquí les presento un pequeño viaje para ver cómo sucede todo esto. Quizás leer todo esto pueda parecerles muy tardado, pero en realidad es poco tiempo si toman en cuenta que los estándares inalámbricos pueden tener cientos de miles de páginas, las pruebas pueden tardar años, puede haber miles de cambios desde la especificación original, con cientos de compañías involucradas y miles de los mejores ingenieros del mundo trabajando para ello.

PASO UNO: Construir y probar un prototipo

En este caso, una persona o un grupo de personas desarrollan un conjunto de criterios y los hacen circular, y en algún momento entregan los resultados de sus actividades a un organismo de estándares como el IEEE. Los diversos organismos de estándares para diferentes tecnologías tienen maneras diferentes de cubrir este paso, pero lo más importante es que esos esfuerzos culminen en el paso dos...

PASO DOS: Establecer especificaciones del estándar para sistemas y dispositivos

Muchos organismos de estándares tienen un procedimiento

que consta de tres fases. La primera fase es una revisión general de la arquitectura y las características. Si estoy construyendo una casa, se trata de decidir qué tan grande será, cuántos cuartos y qué características especiales tendrá. La segunda fase sería establecer el estándar; es decir, cómo serán los planos de la casa. En tercer lugar es importante definir los detalles: qué vamos a construir, con qué tipo de madera, con cuántos clavos, qué tipo de plomería, qué marca de ventanas, etc.

PASO TRES: Revisar y estabilizar el estándar

Una vez que está escrito un estándar, por lo general eso es sólo el principio. ¿Alguno de ustedes alguna vez construyó, amplió o remodeló una casa? ¿El proyecto estuvo listo una vez que estuvieron terminados los planos? ¡Claro que no! Y aún tienen las cicatrices para probarlo. Los estándares inalámbricos globales, tales como el estándar de movilidad de WiMAX 802.16e involucran a decenas de compañías y a cientos de ingenieros sorprendentemente brillantes. Quizás suene raro, pero un estándar necesita ser estándar y no "pre-". Un producto pre-estandarizado es el equivalente en lenguaje de mercadotecnia a "es mío, no se metan con él". Un pez es un "mamífero pre-terrenal", pero tiene branquias y no camina muy bien. Estabilizar un estándar, especialmente un estándar inalámbrico móvil implica mucho esfuerzo, tiempo, dinero y sufrimiento.

PASO CUATRO: Pruebas de desempeño de la versión estándar

En el pasado, durante la época del alboroto entre Wi-Fi vs. 3G, todo era maravilloso. 802.11 b (entonces a/g) eran todos estándares; todos estaban disponibles; había productos que podrían probarse para comprobar las declaraciones de desempeño contra su desempeño real o de presupuestos contra costos reales. En el mundo WiMAX, eso sigue siendo un misterio. A más de dos años del inicio del alboroto publicitario, la información real de las pruebas es tan común como un pájaro dodo en Wall Street. Hay declaraciones y hay comunicados de prensa, pero ¿y los modelos y la información real? No. Nosotros tenemos nuestro propio análisis y ¡sorpresa! Los números no se parecen en nada a lo que han estado diciendo las personas de WiMAX a todo el mundo.

PASO CINCO: Optimizar el desempeño de los sistemas y los dispositivos

Éste es sólo uno de los muchos retos que forman parte de la creación de un estándar inalámbrico para movilidad. Ya mencioné algunos de los retos para crear un dispositivo móvil. Pero eso sólo era una pequeña parte de la ecuación. Ese dispositivo necesita ser parte de una red; una red que necesita sitios de celdas, acero central, sistemas de facturación, sistemas de abastecimiento, servicio a clientes, ingenieros de campo... es tanto que es fácil que a uno le duela la cabeza. Y ninguno de esos pasos es sencillo.

Piensen en algunos de los retos que todos tenemos con nuestras redes Wi-Fi y con nuestros proveedores de servicio de telefonía celular. La historia del Wi-Fi se remonta a principios de los noventa y las redes celulares a los ochenta. ¿Y de pronto quienes promueven WiMAX tienen una varita mágica para arreglarlo todo? Si fuera así, yo sería el primero en felicitarlos, pero lo dudo. Dolor, tiempo, gente inteligente y mucho dinero.

PASO SEIS: Desarrollar prototipos de ingeniería de los chips y el software

Algunos de estos pasos podrían ser simultáneos, pero no podemos saltarnos ninguno. En el caso del WiMAX (802.16d) fijo de punto a punto, hemos comenzado a ver algunos prototipos. Sin embargo, el estándar de movilidad para WiMAX no es el mismo estándar, algo que por alguna razón no se menciona con mucha frecuencia, pero el grado de similitud entre los estándares no queda muy claro. Estar sentado en su sillón de casa es una cosa, pero estar sentado en un tren o en un taxi es otra muy diferente.

PASO SIETE: Interoperabilidad de pruebas entre dispositivos y fabricantes

Para cada estándar inalámbrico, desde el primer sistema de teléfono analógico hasta los primeros sistemas GSM (*God Send Mobiles*) y los primeros sistemas CDMA (*Can't Deliver Many Anyways*), esto siempre ha sido un problema. En caso

de que aún no esté suficientemente claro, debo repetir que los sistemas inalámbricos son complejos. Extremadamente complejos. Y si hay más distribuidores, hay más presiones para comercializar el producto. Mientras más rápido se establece un estándar, más ambigüedad existe en los estándares detallados, y mayores la posibilidad de que diversas compañías interpreten varios aspectos de manera diferente. En el caso del estándar de movilidad WiMAX, 802.16e, en muchas reuniones de estándares, las compañías con solicitudes técnicas tienen dos minutos para presentar sus solicitudes al grupo de estándares. Para cualquier estándar inalámbrico, ir demasiado rápido significa una mayor probabilidad de que las cosas no funcionen bien para los pasos definidos anteriormente. Sin embargo, esto no es insuperable, pues todos los problemas en el mundo inalámbrico se pueden resolver teniendo suficientes personas, dinero y tiempo, con un especial énfasis en la variable del tiempo. Hacer que los complejos estándares de movilidad trabajen adecuadamente y funcionen unos con otros lleva tiempo. Por lo general años enteros, nunca algunos meses. Y nunca ha habido una excepción a esta regla durante los últimos 20 años.

PASO OCHO: Interoperabilidad de pruebas con sistemas de modos múltiples y bandas múltiples

En el paso 7 describimos lo difícil que es que los dispositivos de un estándar específico se comuniquen unos con otros. También hemos mencionado

que en el mundo WiMAX resulta un verdadero lío saber con qué partes del dial de radio funcionarán estos dispositivos. Si juntamos el paso 7 y el paso 8 no obtendremos una imagen muy agradable, especialmente si ustedes son los gerentes de producto poco afortunados de los cuales hemos estado hablando.

PASO NUEVE: Prelanzamiento comercial

Para mi desgracia, podría darles ejemplos reales de cada uno de los pasos mencionados, al igual que prácticamente cualquier persona que haya tenido que ver con la habilitación de más de mil millones de usuarios inalámbricos durante los últimos 20 años (en mi caso solamente 11.5). Pero necesito utilizar aquí un ejemplo real, pues algunos de los retos más difíciles de cualquier estándar nuevo de movilidad son las cosas que “la gente no sabe que no sabe”:

Paréntesis con un ejemplo de la vida real: Retrocedamos en el tiempo hasta los días de cdmaOne, el estándar original IS-95A. TIA IS-95A fue propuesto por primera vez como una tecnología a finales de los ochenta y estuvo completamente estandarizado en mayo de 1993. El proceso de estandarización estuvo dirigido por QUALCOMM y algunos de los distribuidores de infraestructura, tecnología y operadores más importantes del mundo. Para mediados de 1995, en una ciudad muy grande en los Estados Unidos, el primer “prelanzamiento comercial” del estándar ya estaba listo.

Los dispositivos estaban listos, el estándar estaba establecido y la infraestructura de muchos fabricantes estaba siendo analizada para verificar su interoperabilidad. Así que este operador estaba listo. La infraestructura era interoperable y estaba lista para funcionar. Comencemos las pruebas: hora de atacar. En 1995, ¿cuál era el estándar inalámbrico común en los Estados Unidos? El analógico (AMPS).

La razón por la cual los operadores estaban cambiando ferientemente a servicios digitales (ya sea cdmaOne, el cual ha evolucionado para convertirse en CDMA2000 y CDMA2000 1xEV-DO, o el IS-54 TDMA que se convirtió en IS-136 y que ha tenido más o menos la misma suerte que el mencionado pájaro dodo) era porque los sistemas analógicos estaban llegando a su límite desde el punto de vista de la capacidad.

En esa época, en la ciudad mencionada, había dos operadores peleando entre ellos por los usuarios de teléfonos digitales analógicos. Obviamente, el sistema digital aún estaba en pruebas y el sistema analógico estaba congestionado por ser una basura (todos sabemos eso). Así que ¿cómo se diferenciaron y tuvieron mejor desempeño que los sistemas existentes? Ya saben la respuesta pues la han visto personalmente. En los dormitorios de la universidad, si ustedes estaban escuchando música en su cuarto y en el cuarto de junto le subían al volumen, ¿ustedes qué hacían? Subían el volumen también, ¿cierto? Si hay mucho ruido en una fiesta hablamos más fuerte para que nos escuchen. Hasta

ahora no hay ciencia. Tan sólo regresen a la primera sección del documento. ¿Lo ven? Ya son expertos en esto.

Los chicos analógicos aumentaron la potencia de sus amplificadores y le subieron al volumen. Hasta aquí todo perfectamente legal en su espectro con licencia de la FCC. Entonces sucedió algo inesperado en su infraestructura que cumplía con las normas de la FCC, sus teléfonos que cumplían con las normas de la FCC, su infraestructura cdmaOne pre-comercial que cumplía con las normas de la FCC, y sus primeros teléfonos comerciales cdmaOne que cumplían con las normas de la FCC. Comenzaron a suceder cosas muy malas; cosas a las que ya habíamos aludido cuando hablamos de las laptops.

Cuando se tiene una señal de radio, ésta tiende a esparcirse un poco (ofrezco una disculpa a todos los ingenieros). En este caso, cuando los operadores incrementaron su señal analógica, pequeñas porciones de esa señal contaminaron las nuevas bandas digitales cdmaOne. Una de las formas en que cdmaOne (y todos los estándares digitales subsecuentes basados en CDMA) tuvo mucha más capacidad fue cooperando con una potencia drásticamente más baja; mayor magnitud, menor potencia. Así que por un lado teníamos chicos subiendo el volumen de sus aparatos de sonido mientras el vecino con su tecnología nueva (cdmaOne) bajaba el volumen. Y esta interferencia “fuera de banda” (intermodulación) comenzó a sacar del aire a los teléfonos cdmaOne que cumplían con las normas de la FCC y con los estándares.

A esto se le conoció como “el problema de la sobrecarga inicial”. Esto fue tan solo un problema, y hubo muchos más una vez que el estándar se utilizó para comercialización masiva y tuvo toda una serie de efectos secundarios. El estándar se tuvo que revisar (junto con otras revisiones simultáneas). Hubo que rediseñar los teléfonos. Quienes fabricaron los filtros de FR tuvieron que diseñar nuevos tipos de filtros que fueron mucho mejores para rechazar la interferencia “fuera de banda”.

En pocas palabras, este “problemita” trajo otros que retrasaron la comercialización masiva de los servicios cdmaOne en los Estados Unidos seis meses o más.

La moraleja de nuestro ejemplo de la vida real: Los estándares de movilidad son realmente muy difíciles y están llenos de peligros. No existe ninguna varita mágica, tan sólo gente inteligente, dinero y (en especial) tiempo. Por supuesto, sus competidores no se quedaron de brazos cruzados.

PASO DIEZ: Pulir los detalles de los chips y el software para el verdadero lanzamiento comercial

En un sistema de movilidad comercial, las necesidades del estándar y del sistema deben investigarse mediante muchos sistemas de pruebas exigentes. Estos sistemas, casi por definición, necesitan mejorarse. No puedo creer que sean pocos los que se reúnan en algún bar a tomar tequila y a llamar a todos sus amigos con su nuevo teléfo-

no IS-95A. Eso está bien para la primera etapa de pruebas (ya lo hice y fue más divertido que la etapa siguiente), pero en este momento del juego, quienes estén probando el estándar necesitan haber implementado decenas de miles o más bien cientos de miles de dispositivos en estaciones base relativamente desarrolladas y probadas sobre estructuras de redes y oficinas centrales también desarrolladas y probadas. Al mismo tiempo, necesitan compartir las cuestiones buenas y malas de manera pública. Aquí no hay dónde esconderse y los primeros resultados de los sistemas comerciales necesitan hacerse públicos, lo mismo que es importante que se resuelvan los primeros problemas. En este momento no estamos hablando de un juego de RP.

PASO ONCE: Implementación completa

A esta etapa la llamamos la etapa de los millones o decenas de millones. Ya no se trata de capacidad. Se trata de millones de personas utilizando la tecnología. El caso de WiMAX es un poco engañoso, pues hay proveedores de chipset que aseguran que incluirán capacidades WiMAX en sus dispositivos, pero no queda muy claro qué quieren decir con eso. Si es una función que se encuentra en una tarjeta de circuitos y nadie la utiliza, ¿es real? Lo que resulta interesante, aunque no lo crean, es que he sido muy amable con las personas de WiMAX, pues me he enfocado en el lado de los dispositivos, y no tanto en el lado de la red, pero ya llegaremos a eso.

PASO DOCE: Grandes volúmenes que reducen los costos de manufactura

Debería quedar bastante claro que no se puede ir de los “documentos estándares” al laboratorio y después a fabricar millones de unidades. Los pasos descritos hasta ahora se enfocan en obtener un estándar funcional. Establecer y conducir un ecosistema para un nuevo estándar, inundar las fábricas, realizar pruebas (cientos o miles de pruebas) para lograr una fabricación sólida y de gran volumen, tiene sus propios retos y sus propios tiempos. Pero eso requeriría otra sección. No obstante, creo que la idea queda clara.

WWAN WiMAX y 3G

He hablado de muchos problemas que la mayoría ni siquiera querría mirar. Y muchas personas en la comunidad WiMAX preferirían taparse los oídos y disfrutar de la atención de la prensa (en la época del Wi-Fi, una analista de la industria hizo algo muy parecido, pero su nombre se mencionaba con frecuencia y no quiso que la realidad interfiriera en el momento publicitario).

Para reiterar: WiMAX está definido como dos estándares. Un estándar es para el uso “fijo” y el otro estándar es para el uso “móvil”. El estándar fijo ha comenzado pruebas de interoperabilidad en España. Este estándar está un poco más adelantado, y probablemente se utilizará como conexión “back-haul” (la conexión utilizada de las estaciones base a las redes

centrales) para redes WWAN así como para aplicaciones de un punto a múltiples puntos. Estamos hablando de un mercado interesante, pero un mercado que, incluso en el mejor de los casos, será tan sólo una pequeña fracción del tamaño del estándar inalámbrico de movilidad. Es por esa razón que se ha prestado tanta atención al estándar 802.16e, la variante móvil.

Se suponía que el estándar móvil para WiMAX estaría estandarizado para finales del 2004, pero esto aún no ha sucedido. Y no es ninguna sorpresa cuando tomamos en cuenta las razones que hemos discutido ya hasta el cansancio. Una de las muchas anomalías continúa siendo la muerte de la información del mundo real, relacionada con cualquier cosa generada por el Foro WiMAX y la comunidad de distribuidores para "Mobile WiMAX".

Un dato interesante es el ejemplo coreano de Hanaro Wireless. Los coreanos, ansiosos de continuar siendo los líderes en tecnologías inalámbricas (las compañías coreanas continúan presionando el desarrollo de las tecnologías inalámbricas en todo el mundo) presentaron una variante de WiMAX llamada "WiBro". Hanaro tenía un espectro en Corea del Sur, instaló una enorme cantidad de infraestructura y lanzó una red WiBro. ¿Obtuvieron 75Mbps en 50 kilómetros? Pues no. Obtuvieron 500kbps-2Mbps con celdas cada 1 a 2 kilómetros y Hanaro simplemente devolvió el espectro al gobierno coreano (Hagan una búsqueda en Google sobre "Hanaro WiBro").

Éste fue un evento de gran importancia sorprendentemente silencioso para la gente WiMAX. Si un árbol se cae en el bosque, ¿alguien lo escucha? Mientras tanto los coreanos son los líderes en el mundo con cámaras de siete megapíxeles integradas en los teléfonos, teléfonos con discos duros integrados, teléfonos avanzados con recepción de N y teléfonos que pueden conectarse a la televisión para con juegos 3D. WiBro continuará desarrollándose, pero no se ha posicionado como una panacea.

Creemos que el WiMAX Fijo tiene posibilidades. Pero incluso con una vigésima o trigésima parte de lo que representa la oportunidad móvil, no es algo seguro. En las simulaciones de sistemas que estamos haciendo con el WiMAX Móvil, no queda claro si WiMAX tiene ALGUNA ventaja sobre el camino evolutivo de WWAN CDMA2000 o WCDMA/HSDPA. La clave aquí es que la gente de WiMAX no puede mostrar con seguridad su "Teoría WiMAX" en 2007 ó 2008 en comparación con 3G WWAN en 2004 ó 2005. Tampoco pueden comparar el desempeño de un sistema teórico utilizando 20MHz de "Espectro por definir" en contra de sistemas 3G que utilizan menos espectro.

Entonces ¿qué significa esto para WiMAX Móvil? Bueno, como no soy ingeniero, necesito andarme con cuidado en QUALCOMM. Cualquier cosa que digo al mundo, incluyendo cosas como ésta, tiene que pasar por la revisión de un montón de doctores que lo hacen pedazos. Sin embargo, la Maestría que hice rindió sus frutos. Mi-

chael Porter, quien escribió un trabajo de gran influencia sobre la estrategia competitiva, planteó algunas cuestiones básicas para el éxito de las empresas. Una empresa puede diferenciarse de muchas maneras, pero un reto importante para cualquier negocio o modelo de negocio es evitar "quedarse en medio". En nuestra opinión, WiMAX Móvil corre el riesgo de "quedarse en medio" entre los estándares WWAN de rápido desarrollo como CDMA2000/1xEV-DO y WCDMA/HSDPA y los estándares WLAN que están revolucionando de 802.11 a/b/g a 802.11 n. Además, están otros estándares en evolución como el Flash OFDM de Flarion mencionado más arriba.

Así que, por un lado, tenemos a los operadores 3G que están invirtiendo cientos de miles de millones de dólares en infraestructura terrestre en todo el mundo. Hace mucho tiempo (muy poco tiempo), describí como Verizon Wireless, Sprint Nextel y Cingular estaban implementando redes 3G en los Estados Unidos. Para el 2007, habrá decenas de miles de celdas en los Estados Unidos con capacidades EV-DO o HSDPA. ¿Cómo puede pasar esto? Porque las personas en los Estados Unidos están pagando a los operadores por sus llamadas de voz. De acuerdo con las estadísticas de la FCC, más de 750 minutos de uso mensual por más de 170 millones de suscriptores. Incluso reconociendo que los datos se están volviendo un componente estratégico cada vez más importante del negocio de los operadores, lo que para las cuentas son los servicios de voz. Son los servicios de voz los

que están generando ingresos que se están utilizando de forma masiva para el crecimiento y las nuevas tecnologías.

Mientras tanto, Wi-Fi sigue creciendo en más hogares y negocios. Cada vez más personas tienen Wi-Fi, y cada vez más personas tienen diferentes tecnologías 3G en sus teléfonos, PDAs y en sus PCs (ahora con PC cards, pero durante este año y los siguientes, integradas en sus laptops).

Los servicios de datos a través de conexión inalámbrica, a menos que tengan aplicaciones industriales especializadas, han sido desechados con sólo algunos intentos que han terminado por fracasar. Metricom fracasó dos veces. Proxim fue rescatada de la bancarrota. Incluso las inversiones de QUALCOMM en redes exclusivas de datos en Brasil y las Dakotas terminaron por fracasar. Hay muchos analistas industriales que han intentado sin mucho éxito identificar cualquier red exclusiva de datos más allá de algunos limitados sistemas industriales que han crecido con solidez y han generado ganancias.

En el mundo de los hotspots de pago, uno de los proveedores estadounidenses más importantes de hotspots finalmente presentó cifras de suscriptores durante el verano del 2005. Después de haber invertido en miles de costosas líneas T-1 para hotspots en todo el país, anunciaron que habían alcanzado la barrera de un millón de sesiones de usuarios al mes, y que las sesiones por usuario se habían hecho más largas: 64 minutos en promedio. Eso significa que, después de años de

promoción, hay 64 millones de minutos de tiempo de Wi-Fi pagado en su red. Comparemos eso con las cifras para servicios de voz. Existen más de 175 millones de suscriptores en los Estados Unidos que utilizan más de 750 minutos al mes. Esto significa más de 127,000 millones de Minutos de Uso (MOU por sus siglas en inglés) al mes. Es difícil encontrar números acerca del uso de tarjetas de datos WWAN o PDA WWAN en los Estados Unidos (o en cualquier otro lugar) pero apostaría que el uso está muy por encima de los 64 millones de MOUs reportados por el operador de Wi-Fi más grande del país. Estamos hablando aproximadamente de una proporción de 2000 a 1.

Así que, por un lado tenemos a quienes apoyan la tecnología WWAN con un estándar, economías de escala e infraestructuras que se amortizan todos los días. En los Estados Unidos, el uso ilimitado de WWAN con Verizon Wireless y su sistema EV-DO cuesta menos de \$60 dólares al mes y en Japón tanto KDDI (DO) como DoCoMo (WCDMA) cuestan alrededor de \$40 dólares al mes. Tomando a los Estados Unidos como ejemplo, una vez que Sprint Nextel, Cingular y Verizon Wireless tengan todas las redes nacionales, ¿aumentarán los precios? No lo creo.

Así que, los chicos de WiMAX tienen una visión poco clara acerca de la cobertura metropolitana y en otras áreas respecto a la cobertura rural. Existen incluso declaraciones vagas, economías de escala y un régimen de propiedad intelectual que es diferente de otras

tecnologías inalámbricas. Sin embargo, existe el problema básico de que no ha habido ejemplos de sistemas exclusivos de datos que sean económicamente viables y tampoco ha habido un debate sobre si los chicos de WiMAX van a abarcar también servicios de voz, o cómo piensan penetrar un ecosistema inalámbrico y una cadena de valor que andará cerca de mil millones de unidades por año para cuando los chicos de WiMAX estén listos para presentar sus servicios. Eso sin mencionar la frecuencia en que operarán estos supuestos sistemas o cómo resolverán los problemas de estandarización mencionados arriba. Y recuerden que si bien he utilizado demasiadas palabras, también tomen en cuenta que les he mostrado algunos problemas muy simplificados pero que necesitan atenderse y resolverse.

Desde el principio dijimos que las torres y los problemas de instalación de WiMAX pueden ser muy similares a los problemas con WWAN. Y si ellos están utilizando el espectro en 2.5 o 3.5GHz, entonces necesitarán mucha más infraestructura que los sistemas WWAN contra los que están compitiendo. Este verano asistí a la expo CommunicaAsia en Singapur. Toda la infraestructura que los chicos de WiMAX tenían en el piso de exhibición era sospechosamente similar al equipo para redes celulares que utilizaban los equipos WWAN en el stand que estaba a un lado. Así que si tienen que poner más infraestructura, si esa infraestructura está en desventaja desde el punto de vista del espectro, si el estándar tiene un menor volumen y pertenece a diferentes

distribuidores, si no pueden demostrar que el desempeño es mejor que el de los sistemas WWAN a los que WiMAX está tratando de desplazar, y si la desventaja que representa que el sistema WiMAX tenga que colocar, financiar y vender muchísimo más equipo, y comercializar y dar soporte al servicio, entonces ¿cómo diantres piensan tener un negocio redituable? Mientras tanto, los chicos de Wi-Fi enfocados en hogares y empresas continúan integrando más dispositivos y mejorando sus capacidades; mientras sus competidores de 3G continúan desarrollándose y reduciendo sus costos con volúmenes globales masivos; y mientras sus competidores de 3G siguen desarrollando sus sistemas para igualar o superar el "costo por bit" que ofrecen los servicios basados en la cadena de valor de la economía de escala más grande que se haya visto en el mundo de los aparatos electrónicos de consumo en la historia.

Si pudiéramos ver el futuro, digamos el 2008 y un poco más, creemos que sí veríamos a WiMAX en el mercado, tanto en su variante fija como en su variante móvil. Pero al igual que los proveedores de servicio Wi-Fi, las condiciones no serían fáciles. En el mundo de la tecnología queda claro que las personas se unen a las manadas y a veces invierten millones o cientos de millones de dólares sin hacer las preguntas clave. Ya sea que se trate del boom de las "punto com" o el boom del Wi-Fi, existe toda una industria que crece alrededor del movimiento "más grande o famoso" por sus propias motivaciones. Sin embargo, parece existir un lazo entre la complejidad y la falta de voluntad examinar y debatir. Eso bajo ninguna circunstancia es sano.

Al final de cuentas podemos afirmar que los cambios que ha habido relacionados con las formas de la comunicación humana en todo el mundo, y aquellos que siguen sucedien-

do, han sido los cambios más significativos desde el surgimiento de la humanidad en las eras prehistóricas y el desarrollo de la capacidad del habla. Quienes tienen algún contacto con el mundo inalámbrico, pueden decirles que todos deberíamos de estar orgullosos del enorme avance que ha habido con respecto a la "muerte de las distancias" (gracias a The Economist por la frase) y al sorprendente paso con que se han dado las innovaciones en las redes, los dispositivos y las aplicaciones WWAN.

El ritmo del cambio y las innovaciones se está acelerando y yendo en direcciones que muy pocos hubieran previsto incluso hace 10 años. Habrá nuevas innovaciones, nuevas tecnologías y nuevos avances, pero tendrán que morder el polvo muchas veces antes de que puedan emparejarse en la contienda. Finalmente, hablando de la cadena de valor y los operadores WWAN 3G, sólo puedo decir "quiero verlos". ■