

# Alta disponibilidad en Sistemas de Comunicaciones: Contingencias Sísmicas

**Jorge Abraham, Hugo Morales**

jabraham@frm.utn.edu.ar, hugom@frm.utn.edu.ar

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza, Argentina  
Rodríguez 273, Mendoza CP (M5502AJE) - República Argentina

**Resumen:** *En la actualidad, se le exige a los Sistemas de Comunicaciones Alta Disponibilidad. Esto implica que deben funcionar siempre. O sea: 7 días de la semana x 24 Horas Diarias todo el Año. Pero, ¿Es esto posible? Aunque todos los componentes tuvieran la capacidad de nunca fallar, existen otros elementos externos a las instalaciones que pueden generar su caída. Éstos pueden ser movimientos sísmicos y toda clase de accidente climático que indirectamente pueden afectar a los equipos destinados a las comunicaciones en un determinado punto geográfico. Esto, como consecuencia, puede dejar áreas más o menos importantes sin servicios de comunicaciones, tal vez exactamente después de un evento sísmico. En este trabajo, se plantea, a partir de definir el grado de disponibilidad admisible para un Sistema de Comunicaciones, pautas para lograr ese nivel en instalaciones o sitios dedicadas a las comunicaciones, contando además con el agregado de un alto riesgo sísmico en el lugar.*

**Abstract:** *Nowadays Communication Systems requires High Availability. This implies that they should always be working. That is, 7 days a week x 24 hours a day all the year. But, is this possible? Although all components would be able to never fail, other external elements can generate its fall. These can be earthquakes and all sorts of climatic accident, which indirectly may affect equipment for communications in a particular geographic point. This, may leave more or less important areas without communications services, perhaps just after a seismic event. This paper arises from defining the permissible level of availability for a Communications System, guidelines for achieving this level in facilities or sites dedicated to communications, with the addition of a high seismic risk at the site.*

**Palabras clave:** Alta Disponibilidad, Redundancia, Comunicaciones, Datacenter, Centro de Datos.

## 1. Introducción

La Disponibilidad, inicialmente, debe medirse de alguna manera y relacionar esta medición con el Servicio que se requiere. No es lo mismo un sistema de comunicaciones para esparcimiento que para las fuerzas de seguridad o de urgencias médicas. Seguramente estos últimos servicios requerirán la más Alta Disponibilidad posible, compatible con los costes de la Solución. Teniendo en cuenta que las Vidas Humanas no pueden evaluarse con los mismos parámetros que las cosas.

Por otra parte se debe tratar cada componente netamente de comunicaciones con su Disponibilidad Propia y su capacidad de responder a las fallas de los demás componentes. Esto hace a la disponibilidad del conjunto.

Respecto del emplazamiento del Sitio, normalmente se prevé que cumpla con su cometido de comunicar, pero no siempre se repara en otros aspectos como la accesibilidad, la climatología del lugar, la posibilidad de contar con energía para la alimentación de los equipos y otros. Si agregamos la probabilidad de las consecuencias destructivas de los sismos en ciertas zonas de nuestro planeta, nos hace pensar que debemos ir encontrando soluciones que, si tal vez no se puedan evitar los efectos que atentan contra la Alta Disponibilidad, permitan atenuarlos.

El resto de este paper está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2, se muestran los estudios previos, dando una mirada a los parámetros de la disponibilidad y su relación con la disponibilidad de los componentes. Esto, tanto para los componentes principales de los sitios destinados a las comunicaciones como para sus instalaciones complementarias necesarias. También se ve en qué influyen los sismos que atentan contra el

funcionamiento de estos componentes. La sección 3, se describe los criterios y la manera de diseñar cada parte de los sitios de comunicaciones, basada en su función específica. En la sección 4, se describen algunos casos reales concretos en donde los sistemas de comunicaciones se vieron afectados en mayor o menor grado por los sismos. En la sección 5, se discuten los casos vistos en la sección 4. El “porqué no fallaron” y “porqué fallaron”. Reafirmación del criterio de diseño y defectos ocultos. En la sección 6, se dan las conclusiones sobre esta compleja temática de la Alta disponibilidad en los sistemas de comunicaciones actuales para cumplir con su finalidad ante cualquier condición interna o externa. Finalmente, en la Sección 7, se proponen temáticas a estudiar.

## 2. Trabajos y Estudios Previos

### 2.1 Objeto del Estudio

Primero vamos a indicar que nuestro estudio se refiere tanto a los sitios que forman una red de comunicaciones distribuidos en una área geográfica, como a los centros de datos o nodos principales de esos sistemas en donde se concentran equipos y sistemas de mayor nivel, incluyendo también la arquitectura de red que los vincula y asegura caminos alternativos para las comunicaciones. Recordemos que hablamos de un sistema de comunicaciones de Alta Disponibilidad y no de alta disponibilidad de componentes aislados.

### 2.2 La Disponibilidad de los sistemas

La disponibilidad es el tiempo en que una aplicación o sistema se encuentra accesible para el trabajo productivo. Se expresa en porcentaje y se toma respecto de un determinado periodo total: un mes o un año.

Como se indicara, idealmente desearíamos que la

disponibilidad fuera del 100% independientemente del periodo considerado, pero esto, además de resultar prácticamente imposible, puede llegar a ser muy costoso. En la Tabla 1, se muestran distintos valores para la disponibilidad y qué representan en el año y en el mes.

Tiempo Disponible	Tiempo No Disp.	No Disp. x Año	No Disp. x Mes
98%	2%	7,3Días	14Hs, 36m.
99%	1%	3,65Días	7Hs, 18min.
99,9%	0,1%	8Hs, 45m.	43m., 45s.
99,99%	0,01%	52,5min.	4m., 22seg.
99,999%	0,001%	5,25min.	26seg.

Tabla 1: Disponibilidad – Valores, su influencia.

Cabe acotar que a nivel costes de equipos e instalaciones, pasar de un 99% a un 99,9% no es muy complicado, pero representa una mejora apreciable en el resultado. De algo más de 7 Hs de “No Disponibilidad” a menos de una hora en el mes. Pero pasar de 99,99% a 99,999% representa un coste muy elevado y no es tan apreciable la mejora.

Respecto de la disponibilidad del conjunto, resulta del producto (en tanto por 1) de las disponibilidades de cada componente.

Por ejemplo:

Enlace de microondas con disponibilidad 99,999% y coste elevado.

Antena reforzada con disponibilidad del 99,9999% y coste elevado.

Alimentación eléctrica con disponibilidad del 98% y coste reducido

Disponibilidad del conjunto:  $0,99999 \times 0,99999 \times 0,98 = 0,97998922$ , o sea 97,998922%

Lo que nos indica que debemos cuidar cada componente y todo lo que hace que funcione.

### 2.3 Los componentes propios de los sistemas de comunicaciones

En este punto, sólo nombramos aquellos componentes que hacen a la esencia de los sistemas de comunicaciones. Podemos incluir: Equipos de Radio de diferentes tipos (Celdas de Celular, transeptores de comunicaciones troncalizadas, repetidores de radiofrecuencia, etc.); radioenlaces de interconexión entre sitios distantes, módems de distintos tipos, conversores de medios (Fibra Óptica a cable UTP), Controladores de comunicaciones, equipos de conectividad (router, switches, encriptadores, firewalls, etc.), servidores de distintos tipos, equipamiento de monitoreo de los sistemas, etc.

Estos componentes en general cumplen con una muy Alta Disponibilidad en sí mismos.

### 2.4 Los componentes de infraestructura

Son complementarios, pero necesarios para que funcionen los componentes del párrafo 2.3.

Éstos son: Alimentación de baja tensión en Corriente Continua y en Corriente Alterna, alimentación en media

tensión, Edificio o contenedor de los equipos, Acondicionamiento del Aire y del ambiente, detección y extinción de incendios, detección y protecciones ante intrusos, sistemas de monitoreo y gestión remota y otros.

### 2.5 Los agentes externos, en particular, Sismos

Son aquellos agentes físicos que pueden influir en el funcionamiento de los sistemas, de manera temporal o permanente. Ya sea por una afectación directa a los componentes principales o de infraestructura del párrafo 2.3 y 2.4 o en forma indirecta. Estos agentes principalmente son: La temperatura y humedad ambiente, el viento, las tormentas eléctricas severas, la nieve, el fuego, el vandalismo y finalmente los Sismos.

Pero, ¿Cuál el problema?

A modo de ejemplo, sin considerar los sismos, una tormenta eléctrica severa puede destruir equipos e interrumpir la alimentación eléctrica por descargas atmosféricas. Si agregamos fuertes vientos pueden caer árboles sobre las líneas. Como consecuencia, pueden pasar varios días hasta que se puedan recuperar, tanto la alimentación eléctrica como los equipos deteriorados.

¿Qué sucede con los sismos?

Según su magnitud, afectan a las instalaciones bajo nuestro estudio y también afectan a los componentes de la infraestructura. En múltiples zonas del planeta la probabilidad de sismo es alta y su poder destructivo puede ser muy grande y de mayores consecuencias.

Uno de sus efectos típicos es el corte de energía debido a las protecciones que tienen los transformadores de distribución. Efectos más severos llegan a la destrucción de edificios, caminos de acceso y caídas físicas de componentes vitales de la red.

En las siguientes imágenes, se muestran zonas de nuestro planeta y de nuestro continente con riesgo sísmico y la probabilidad de que se produzcan sismos de diferentes grados.

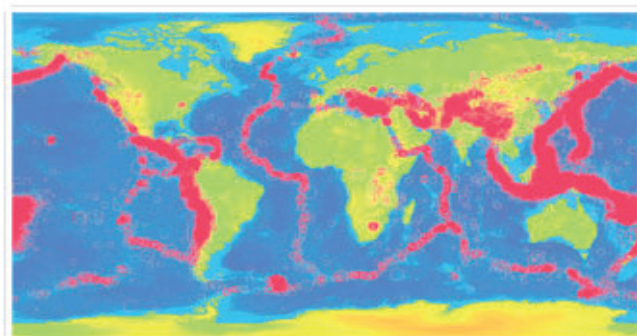


Figura 1. Riesgo Sísmico en el planeta. El área más oscura de los continentes indica alta probabilidad de terremotos.

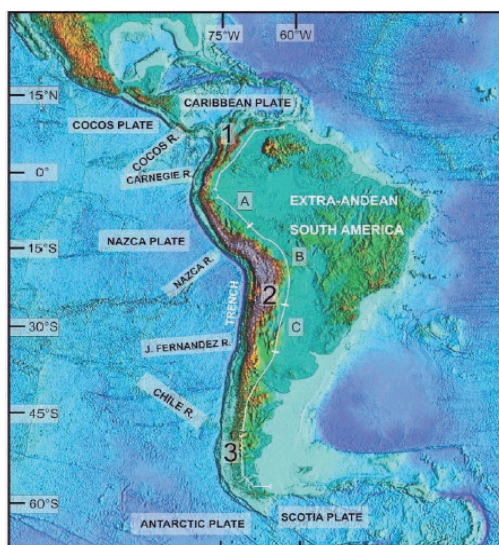


Figura 2. Riesgo Sísmico en América Central y del Sur. Como detalle, se indican las placas tectónicas de la zona.

### 3. Criterios de Diseño para la Alta Disponibilidad

Tal como enumeramos, los componentes de los sistemas de comunicaciones y los agentes que afectan a la continuidad de su servicio, se irán tratando los criterios principales de diseño de cada elemento y cómo minimizar a los efectos negativos de los agentes. Todo esto de modo de mantener la disponibilidad en el nivel más alto posible que contribuya a la Alta Disponibilidad de todo el sistema.

En la generalidad de los casos, se aplican modalidades “N+1” o “N+N” para la provisión de componentes. En la primera, se toma la cantidad total de componentes necesarios para brindar el servicio y se agrega uno más, para reemplazar a un componente que pudiera fallar. En lo posible, se busca que el reemplazo sea automático sin corte de servicio, típicamente “Hot-Swap” o cambio en caliente. La segunda modalidad, notablemente más costosa desde el punto de vista económico, implica directamente duplicar los componentes y también se busca la modalidad “Hot-Swap”.

#### 3.1 Los componentes propios de los sistemas de comunicaciones

Como se indicara, estos componentes en general cumplen con una muy Alta Disponibilidad o tolerancia a fallos en “Sí mismos”. Esto se logra por la calidad de su construcción, su robustez, sus componentes esenciales redundantes (Fuentes, Etapas críticas, ventilación, etc.), su alta resistencia a condiciones extremas de temperatura, humedad y otros condicionamientos físicos y sus exigentes controles de calidad. Si complementamos esto aplicando “N+1” o “N+N” en estos componentes críticos en un determinado sitio, logramos que el Sitio en cuestión siga brindando servicio, a pesar de la eventual falla de uno de sus componentes. También es buena práctica para estructuras de comunicaciones interconectadas contar con más de un camino de enlace con los otros sitios. Esto hace que ante la eventual caída de un camino por cualquier causa, el sitio siempre se mantenga vinculado al resto de

la estructura. O sea, “N+1” o “N+N”, para los vínculos.

Como ejemplo, podemos mencionar radio enlaces de comunicaciones cuyas características principales, en cuanto a nuestro tema, son: Protección contra el agua para unidades externas, tiempo cero de conmutación en configuraciones 1+1, reemplazo de varios componentes en caliente sin pérdida de comunicación, amplio rango de temperaturas ambiente y otras. Pero, tal vez la más importante de las características es su MTBF (Tiempo medio entre Fallas), que para estos dispositivos suele ser de más de 20 Años, para configuración 1+0. O sea, el equipo solo sin otro que lo respalde. Aclaremos que MTBF: 20 años, no significa que va a fallar a los 20 años de su puesta en marcha. Podría nunca fallar o fallar a los dos meses, pero el número habla de Alta Disponibilidad y de probabilidades ínfimas de falla.

#### 3.2 Los componentes de infraestructura

Estos componentes tendrían que estar a la altura de los componentes principales ya que de no ser así, afectarían la disponibilidad final, como se indicó en el párrafo 2. También es común llegar a configuraciones “N+1” o “N+N” componentes para mejorar la disponibilidad.

##### 3.2.1 Alimentación Eléctrica

En este punto, agrupamos a todos los tipos de alimentación que requieren los equipos principales. De hecho, deberán poseer las protecciones necesarias para dar seguridad a equipos y personas y cumplir con las normas vigentes del lugar como mínimo.

Comenzamos hablando de bajas tensiones en Corriente Continua. Es típico que los elementos principales, en particular los que forman parte de la infraestructura de comunicaciones en sitios remotos, como enlaces y otros equipos, funcionen en 12VCC, 24VCC y especialmente 48VCC.

Este tipo de alimentación se obtiene de combinaciones de Baterías, Fuentes de Alimentación con entrada 220/110 VCA y hasta generadores, solares, eólicos y similares. Todo esto tiene que ver con la disponibilidad eléctrica del lugar, pero en particular con cierta comodidad y confiabilidad que brindan las baterías. Esto es una buena práctica, ya que las baterías mantienen la continuidad en la alimentación de los equipos, libre de ruido eléctrico y perdurable en el tiempo, permitiendo una posible reparación de los otros elementos de niveles anteriores. Se diseña siempre teniendo en cuenta una autonomía amplia en función del consumo de los equipos y las demoras de restauración de los niveles anteriores de la alimentación eléctrica.

Otro escalón en el sistema de alimentación lo constituye la energía de 220/110 Volts de Corriente Alterna. Normalmente, con esta energía se alimentan las fuentes de alimentación y cargadores de baterías, la iluminación del sitio, los sistemas auxiliares de acondicionamiento de aire y otros posibles componentes principales, como servidores y otros equipos de mayor porte. La manera de obtener esta energía para permitir alta disponibilidad en el sitio suele ser a través de una combinación de provisiones. Por un lado, se busca que los prestadores de energía del



lugar brinden este servicio, ya que en general tienen un coste/beneficio aceptable. Se diseña conforme a la potencia eléctrica de la totalidad de los equipos del sitio en su máxima exigencia. Lo que no se puede esperar es que sea absolutamente confiable por la acción de los agentes externos ya mencionados. Debido a esto se recurre a dos posibles elementos que generan energía de corriente alterna.

Grupos electrógenos que generan corriente alterna transformando la energía motriz de algún tipo de motor o turbina. Tienen un rendimiento aceptable, pero requieren de mantenimiento periódico y de combustible para mantenerse en funcionamiento. Se diseña teniendo en cuenta tanto la potencia a suministrar como la autonomía. De hecho que la autonomía depende de la reserva de combustible para el motor o turbina y ésta tendrá que ver con la demora en la restauración de los niveles anteriores de la alimentación eléctrica, teniendo en cuenta la accesibilidad al sitio para poder recargar combustible.

UPS o Sistemas de alimentación ininterrumpida que generan corriente alterna transformando la energía acumulada en Baterías (Corriente Continua). Tienen un rendimiento y autonomía aceptable. Se diseña teniendo en cuenta la potencia a suministrar, pero en este caso para elementos electrónicos que no pueden apagarse repentinamente, como servidores y otros equipos. En cuanto a la autonomía, tendrá que ver con la demora en la restauración de los niveles anteriores de la alimentación eléctrica. Si se conectan a un grupo electrógeno, no se requieren grandes autonomías.

### 3.2.2 Otros servicios auxiliares

Agrupamos, en este párrafo, otros servicios que contribuyen al buen funcionamiento y la protección de los componentes principales y de la energía necesaria para el funcionamiento. Solo los nombraremos, ya que con ello estamos indicando su función. Sistemas de Iluminación (Reglamentaria en mástiles y de servicio); el Acondicionamiento de Aire (Temperatura, humedad y limpieza) Frío o Frío/Calor según sea necesario; Detección y extinción de incendios (no debe dañar a los equipos electrónicos ni a las personas); Detección y protecciones ante intrusos, sistemas de monitoreo y gestión remota (Alarmas Persuasivas en el lugar con señalización remota, Control a distancia de ciertos componentes, etc.).

### 3.2.3 El Edificio donde se montan los equipos

En Principio, se diseñan para contener a los equipos principales y complementarios, reservando espacio adicional para ciertas ampliaciones razonables y para realizar mantenimiento. Esto, como condición mínima, si sólo se trata de algún sitio de comunicaciones simple. Se utilizan estructuras metálicas, contenedores o Shelters fijados a plataformas firmes de cemento. Estos contenedores deben poseer aislación térmica y accesorios de anclaje. Mínimamente, son cercados adecuadamente para evitar el acceso de animales y personas no autorizadas.

Si en cambio se tratara de algún Centro de Datos o Nodo importante, es posible que, además del equipamiento, se

deba disponer de espacio y condiciones para personas de soporte o administración de equipos, repuestos, área de mantenimiento, de servicios, y hasta zona de descanso, según el caso. Esto hace pensar en edificios más importantes con otros criterios. Al menos deben tener las instalaciones necesarias para permanencia de personas.

Pero si hablamos de zonas sísmicas, ¿que más tenemos que tener en cuenta?

Básicamente, se deben cumplir con los códigos de construcción del lugar en lo referente a las zonas sísmicas (Ej.: Perú E.030, Argentina Reglamento INPRES-CIRSOC-103).

Que una construcción sea sismo resistente (es incorrecto “antisísmica”), en la mayoría de los códigos no significa que no se deteriore. En general, se establecen dos tipos de construcciones: Vitales y NO Vitales.

Las primeras son aquellas que cumplen funciones esenciales en caso de ocurrir un terremoto destructivo (hospitales, centrales de bomberos, policía, etc.) o cuya falla produciría efectos catastróficos sobre vastos sectores de la población (centrales nucleares, diques, etc.-).

Para estas construcciones, el nivel de daño admitido por la ocurrencia de fuertes terremotos es tal que NO comprometa el normal funcionamiento de las mismas.

Las segundas comprenden aquellas destinadas a viviendas, oficinas, comercios, etc. Si bien es técnicamente posible minimizar los daños ante grandes terremotos, no resulta económicamente conveniente.

El criterio de los reglamentos está dirigido a evitar el colapso, es decir a salvaguardar vidas, aunque el estado de la construcción, después de la ocurrencia de un sismo destructivo, implique su demolición.

Para nuestro caso, la construcción que se realice dependerá del Fin del sistema de comunicaciones. Si se trata de Seguridad Pública, deberá considerarse del tipo Vital. Lo mismo, si es el único medio de comunicación en una zona de riesgo sísmico.

Pero, la construcción sismo resistente no garantiza que los elementos de comunicaciones contenidos en ella no sufran algún deterioro o inconveniente. Esto hace pensar en tomar medidas adicionales.

Un Criterio es fijar los componentes a las estructuras. Se colocan bulones para fijar los racks al piso y se utilizan equipos rackeables de alta confiabilidad. Grupos electrógenos, UPS y tanques de combustible deben ser cuidadosamente instalados.

En las siguientes imágenes, se muestran estructuras preparadas para ser fijadas.



Figura 3. Rack con base para atornillar al piso.



Figura 4. UPS con base antivuelco.

Otro criterio es permitir el movimiento de los racks, montados sobre estructuras elásticas, como la de la siguiente imagen.

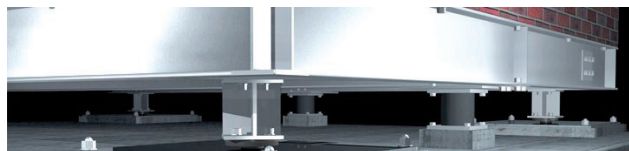


Figura 5. Estructuras elásticas para pequeñas, medianas y grandes superficies.

En ciertos casos, el Edificio completo se monta sobre estructuras deslizantes o elásticas, teniendo en cuenta las componentes de un sismo en las estructuras. En la siguiente figura, se observa el esquema de los efectos en edificios rígidos y con bases deslizantes.

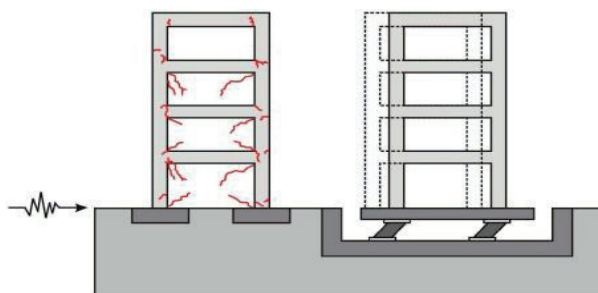


Figura 6. Comportamiento del edificio ante las fuerzas laterales de los sismos. Izquierda: Base rígida. Derecha Base montada sobre estructura elástica.

Por otra parte, se debe definir adecuadamente el lugar donde construir un sitio. Esto implica tratar de NO construir los edificios para sistemas de comunicaciones en zonas de fallas geológicas. De no poder cumplir con esto si se define la ubicación de un Centro de Datos o Nodo Principal en un lugar con riesgo sísmico, se deberá disponer de otro Centro de Datos de alternativa o de contingencia, a distancias muy importantes, respecto del anterior y en lo posible nunca sobre una falla geológica. Nuevamente, de no poder lograrse, al menos que no esté sobre la misma falla geológica. Este Tema no es de nuestra especialidad, por lo que deberá consultarse a organismos idóneos en el tema.

## 4. Experiencias y Resultados

Sólo mencionaremos algunos casos de ejemplo indicando ciertas consecuencias.

### 4.1 Sismo de 7,2 Grados (R) en Chile 27 de Febrero de 2010

#### 4.1.1 Importante Hotel Internacional

Se cae “físicamente” la Central Telefónica. Implica la destrucción de parte del cableado de telefonía. Por supuesto, la telefonía de hotel dejó de funcionar.

#### 4.1.2 Compañía de Celulares y Servicios de Internet

Se pierden enlaces por cambio de posición de las antenas de microondas debido a los desplazamientos del terreno. Dejan de funcionar los servicios en distintas zonas de influencia de las radio bases de comunicaciones.

#### 4.1.3 Empresa mayorista de Internet con servicios de Housing y Hosting

El Nodo y Centro de Datos principal continuó totalmente operativo. Los usuarios Gubernamentales perdieron conectividad con el Sitio principal. Rutearon por otra compañía, pero también perdieron esa conectividad en cortos plazos. Los Usuarios privados que perdieron servicios en sus oficinas viajaron hasta el Centro de Datos para trabajar desde allí, pero se encontraron carreteras de acceso al lugar destruidas. Muchos bajaron de sus autos y continuaron caminado varios kilómetros.

### 4.2 Sismo de 6 Grados (MM) en Mendoza 10 de diciembre de 2008

Sistema de comunicaciones TETRA-911, Fuerzas de Seguridad Pública en la Provincia de Mendoza. Solo se detectan cortes de energía en diversas zonas por disparo de protecciones en transformadores de distribución. No se cortan los servicios en ningún sitio ni en los Centros de Datos y Operaciones Principal y Alternativo, a pesar de que algunos grupos electrógenos no encendieron.

### 4.3 Sismo de 8,9 Grados (R) y Tsunami en Japón 11 de marzo de 2011

Si bien los efectos del sismo fueron devastadores en muchísimas áreas, considerando solamente las telecomunicaciones troncales, formadas por más de 20 cables submarinos que pasan por la zona afectada, los cortes de servicios fueron muy pocos y pudieron resolverse por caminos alternativos.

## 5. Discusión de las Experiencias

Respecto de los casos 4.1, en general la fuerza destructiva del sismo fue muy elevada superando en muchos casos todas las previsiones. De hecho, las construcciones sismo resistentes ayudaron a que no se perdieran vidas en los casos citados.

En cuanto a 4.1.1, tal vez se confió en el tamaño y peso de la Central Telefónica y se decidió no fijarla al piso o a la pared. Seguramente cuenta con accesorios para realizar dicho montaje. Esto la llevó a volcarse arrastrando al

cableado que también colapsó.

Si bien, los daños en el equipamiento no fueron serios y además se contaba con remplazos inmediatos de partes, la restauración del cableado demoró la recuperación de los servicios.

Con referencia a **4.1.2**, los enlaces de microondas, son muy delicados en cuanto a su orientación. Ángulos muy pequeños en un punto representan varios metros en el otro extremo. Esto hace caer la señal de Radiofrecuencia del enlace a valores incompatibles con el tipo de comunicación. Tal vez se deba pensar en incrementar la cantidad de radio bases en estas zonas, para disminuir distancias, para solapar la cobertura y para tener más caminos de vínculos. Tal vez no se estudiaron en profundidad las zonas geográficas en lo que respecta a fallas geológicas.

El Caso **4.1.3** parece ser un buen ejemplo de Alta Disponibilidad.

Así todo para los organismos estatales (entre los que se encontraban los de prevención de tsunamis, obras públicas, gobierno en general) y los usuarios privados que perdieron todo tipo de servicio en sus lugares de trabajo, encontrar también los caminos alternativos de enlace en falla y los caminos físicos de acceso destruidos, significó disponibilidad muy baja. Esto no les permitió operar en la emergencia. Las causas fueron totalmente ajenas a la empresa prestataria, pero no se pudo evitar la caída.

Para el Caso **4.2**. Muchos otros servicios de comunicaciones dejaron de funcionar en tanto que éste, dedicado a la Seguridad Pública continuó operativo.

Se denotaron problemas de falta de mantenimiento, más que de diseño. El hecho de que no funcionaran algunos grupos electrógenos es un ejemplo. Así todo, con caída de energía de red eléctrica y grupos en falla, los equipos continuaron operando con las baterías, dando tiempo a la recuperación de los grupos y al restablecimiento de la energía. Por otro lado, se pudo detectar el problema de manera inmediata gracias al sistema de monitoreo, tomando las medidas correctivas necesarias.

Igualmente, y gracias al diseño previendo las contingencias, si alguno de los sitios de las zonas más pobladas hubiera quedado totalmente fuera de servicio por descarga de las baterías o por una eventual destrucción total, los demás sitios vecinos, hubieran cubierto el servicio, ya que el transporte de comunicaciones cuenta con al menos dos caminos hacia los Centros de datos Principal y de Urgencia.

Por otra parte, los diagramas de cobertura de las radio bases se solapan en todo el área, permitiendo al personal operativo de todos los servicios de Seguridad Pública tener señal para lograr comunicarse.

Existe una posibilidad más de resolver la contingencia con la que el diseño del sistema cuenta. El modo Fallback de las Radio bases. Esto es: en el supuesto caso que una radio base quedara operativa, pero aislada del resto de la estructura de comunicaciones (Todos los enlaces caídos), la radio base mantiene servicio de Radio Frecuencia en Aire, por lo que todo el personal de seguridad de la zona

de influencia podría continuar con sus comunicaciones, sin riesgo para su vida y cumpliendo casi todas sus funciones.

Para el Caso **4.3**. La APCN2 (Asia Pacific Cable Network 2), en la actualidad, es una estructura de 19000 Km. de cables submarinos de fibra óptica, que conecta Japón, China, Filipinas, Hong Kong, Taiwán, Malasia, Singapur y Corea del Sur. Tiene una capacidad de transporte de alrededor de 2 Tbps (2000 Gbps ó 2000000 Mbps!!!).

Sufrieron cortes 2 ó 3 fibras que unen China con Japón y su tráfico pudo ser ruteado, prácticamente sin cortes. Lo mismo sucedió con algún enlace entre Taiwán y Japón.

Otros sismos graves en el lugar, en otras épocas, causaron grandes daños. El 2010 un sismo en Taiwán dejó 2 días sin servicio a una vasta zona. En 2009 por un sismo también en Taiwán quedó sin servicio China. Igualmente con grandes daños que pueden imaginarse como irreparables en cortos plazos, el tránsito pudo ser re-dirigido por rutas alternativas gracias a un buen diseño previsor de contingencias.

Fuera del alcance de las comunicaciones, pudimos contemplar cómo la Central Nuclear Fukushima I, a pesar de su diseño, sufrió la devastadora fuerza de un sismo y un tsunami.

El sismo destruyó estructuras críticas de la Central Nuclear. Las olas del tsunami arrasaron los tanques de combustible de los grupos electrógenos de urgencia que alimentaban las bombas para refrigerar el reactor.

Consecuencia: Se generó una irreparable contaminación Nuclear.

¿Los códigos de construcción y de seguridad para estas instalaciones, se aplicaron?

¿Fueron suficientes todas las previsiones?

¿Por cuántos cientos de años se deberán ver las consecuencias de la catástrofe?

## 6. Conclusiones

La Alta Disponibilidad en los Sistemas de Comunicaciones es una necesidad.

Se logra con Calidad en los componentes, un diseño de Ingeniería cuidando TODOS los detalles, elevado nivel de redundancia y para zonas sísmicas, sin dudar de la existencia de la palabra “catástrofe” con todo lo que implica hacia adentro y hacia afuera de los sitios.

El grado de redundancia no debe pensarse como “por si alguna vez falla una parte”.

Siempre está la posibilidad de falla y de más de una falla y hay un enemigo implacable que es el tiempo que pueda llevar la restauración de los servicios internos y externos a nuestros sitios dedicados a las comunicaciones.

Al pensar en los “costes” de la Alta Disponibilidad de los sistemas de comunicaciones se debe evaluar cuánto se puede “perder” por la falla del sistema.

Cuántas personas pueden quedar incomunicadas con consecuencias económicas para el prestador de servicios

de comunicaciones.

Cuántas personas que prestan servicios en una catástrofe, pueden nunca enterarse sobre otras personas que requerían de su ayuda.

Cuántas personas que concurren a prestar servicios se transforman en víctimas de las mismas catástrofes por fallas en los sistemas de comunicaciones.

Si por sobre las posibles pérdidas materiales, pensamos en la posible pérdida de tan solo una vida humana, como por ejemplo: la nuestra, el diseño que hagamos realmente será “el mejor”.

## 7. Trabajos Futuros

Se hace necesario trabajar fuertemente en el estudio de las zonas con fallas geológicas de nuestra región concreta ante la necesidad de proyectar un sitio de comunicaciones. Esto, a pesar de no ser de nuestra especialidad, pero como se indicara, se deberá consultar a especialistas en la materia.

Se propone investigar profundamente más casos concretos de “Falló” y “NO Falló” en diferentes terremotos históricos, para aprender qué se debe hacer y que No se debe hacer.

Dado que las consecuencias son similares, se propone incorporar a futuras investigaciones otras contingencias externas como las “Climáticas Severas” que afectan a nuestras regiones.

Se propone establecer normas concretas y específicas que rijan los proyectos de comunicaciones para que cumplan con la disponibilidad necesaria ante contingencias de todo tipo.

## Referencias Bibliográficas

- [Kailash Jayaswal, 2006] Kailash Jayaswal (2006). Administering Data Centers: Servers, Storage, and Voice over IP.
- [Ing. Jorge Abraham, 2005] Ing. Jorge Abraham (2005), Pliego de Especificaciones técnicas. Licitación del Sistema de comunicaciones para las Fuerzas de Seguridad Pública de la Provincia de Mendoza, República Argentina. (Sistema Tetra-911 Fuerzas de Seguridad Pública Integradas en el 911: Policía, Bomberos, Emergencias médicas, Defensa Civil y otros).
- [INPRES-CIRSOC 103, 1991] Ing. Alejandro P. Giuliano, Ing. Jorge A. Amado, Ing. Edgar A. Barros 1991: Redactores Reglamento INPRES-CISORC 103.
- [Luis M. Bozzo, Alex H. Barbat, 2000/2004] Luis M. Bozzo, Alex H. Barbat, (2000 Reimpresión 2004), Diseño Sismo resistente de Edificios – Técnicas convencionales y avanzadas.
- [APC-Panduit-Cisco, 2005] APC-Panduit-Cisco (2005), Facility Considerations for the Data Center Version 2.0