

El comportamiento de la infraestructura tecnológica y de comunicaciones

The Response of the Communications Technological Infrastructure

ALEJANDRO BARROS, Presidente Ejecutivo e.nable, Santiago, Chile. (alejandro.barros@gmail.com)

► Recibido: 5 / 05 / 2010. Aceptado: 17 / 06 / 2010

RESUMEN

El terremoto del 27 de febrero reflató la discusión respecto al rol que tienen las TIC en situaciones de emergencia. En cualquier catástrofe la información oportuna y precisa se transforma en un recurso muy preciado y experiencias anteriores han llevado a elaborar Modelos de Gestión de la Información. Basado en ellos, este artículo analiza el comportamiento de cuatro elementos relevantes: la Internet, la telefonía móvil, los data center y el uso que se hizo de la web como herramienta de información pública básica. Cabe señalar que el análisis de estas componentes no ha sido fácil, ya que los niveles de secretismo respecto de la información son altos y no existen normas que obliguen o, al menos, permitan acceder a la información de manera expedita.

Palabras claves: Catástrofes, rol de la información, TIC, telefonía móvil, Internet, datacenter, sitios web.

ABSTRACT

Chile's earthquake on February 27 relaunched the discussion on the role of the ICT in emergency situations. Precise and timely information becomes a valuable resource during any catastrophe, and prior experience has given rise to the development of Information Management Models. Based on those models this article seeks to analyze the behavior of four relevant elements: Internet, mobile telephones, data centers, and the use of the web as a tool for obtaining basic public information. It is important to mention that the analysis of these components has not been easy due to the high degree of secretism with regard to the information and the fact that there are no standards that require –or at least allow– expeditious access to it.

Keywords: Catastrophes, role of information, TIC, mobile telephone, Internet, data-center, web sites.

1. INTRODUCCIÓN

El 27 de febrero se produjo en Chile un terremoto de magnitud 8,8 en la escala de Richter, transformándose en el 5º sismo en magnitud a nivel mundial¹ y en el segundo en magnitud en Chile después del terremoto de Valdivia del año 1960.

Si bien algunas informaciones posteriores mencionaban que en realidad se trató de un evento doble, esto es, dos sismos de gran magnitud en zonas relativamente cercanas, con pocos segundos de diferencia, esta hipótesis está aún por confirmarse.

Más allá de las características geofísicas del sismo, éste produjo enormes daños en las regiones que concentran la mayor cantidad de población del país y afectó tanto a la propiedad privada como a la infraestructura productiva del país, dejando zonas completas devastadas, ya sea por el sismo como por el posterior tsunami. Las cifras entregadas por la autoridad económica hablan de 30.000² millones de dólares como costo de reconstrucción, afectando a unas 500.000 viviendas. Este número ha sido bastante discutido y algunos privados, entre ellos la empresa IMTrust, hablan de 9.000 millones³ y que las viviendas afectadas serían aproximadamente 125.000. Más allá de las diferencias, se trata de cifras descomunales.

Eventos de estas características ponen a prueba muchos de nuestros paradigmas, partiendo por las conductas de los seres humanos en estas circunstancias. Esto se ve reflejado en actitudes del momento, en las que aflora lo mejor y lo peor del ser humano; es así como ocurren actos heroicos y las peores bajas, como fueron los saqueos producidos en locales comerciales en la zona de Concepción en días posteriores a la catástrofe. Cabe señalar que las actitudes mencionadas se han sucedido en diversas catástrofes a nivel mundial, baste recordar un par de ejemplos de ello:

• *Huracán Katrina*, en el cual el comportamiento tanto de las autoridades como de los ciudadanos fue marcado tanto por la ineptitud de la organización de gestión de catástrofes FEMA⁴ como por la pérdida total de control del accionar de los ciudadanos.

• *El gran apagón de Nueva York en 1977⁵*, que puso de manifiesto el comportamiento de las sociedades “civilizadas”, con grandes saqueos, crímenes y descontrol tanto de la autoridad como de los ciudadanos.

Se señala esto sólo para poner en perspectiva que los sucesos ocurridos en el sur de Chile en días posteriores al terremoto no resultan tan extraños como se pensó.

Si bien los análisis deben llevar a reflexionar sobre las bases en las cuales ha sido sustentada nuestra infraestructura, en términos comparativos otros terremotos de similares magnitudes en otras regiones del planeta (China, Turquía y Haití) tuvieron efectos muy desastrosos comparados con el terremoto de Chile (Carreras y Navarrete, 2010). El comportamiento de la infraestructura física en Chile estuvo sobre el promedio. Las lecciones que dejó el terremoto de 1985 en los estándares de construcción en Chile permitieron que el daño a las construcciones fuera relativamente menor en aquellas construcciones posteriores a 1985.

Sin embargo, hay otro análisis de gran trascendencia y es del que se ocupa este artículo. En cualquier catástrofe, la información se transforma en un recurso muy preciado. Así lo destaca el Center for Technology in Government, que desarrolló un modelo de gestión de la información (Dawes et. al, 2004) a partir de la experiencia del ataque a las Torres Gemelas.

1 Según ranking realizado por el servicio geológico de los Estados Unidos, con series desde 1900.

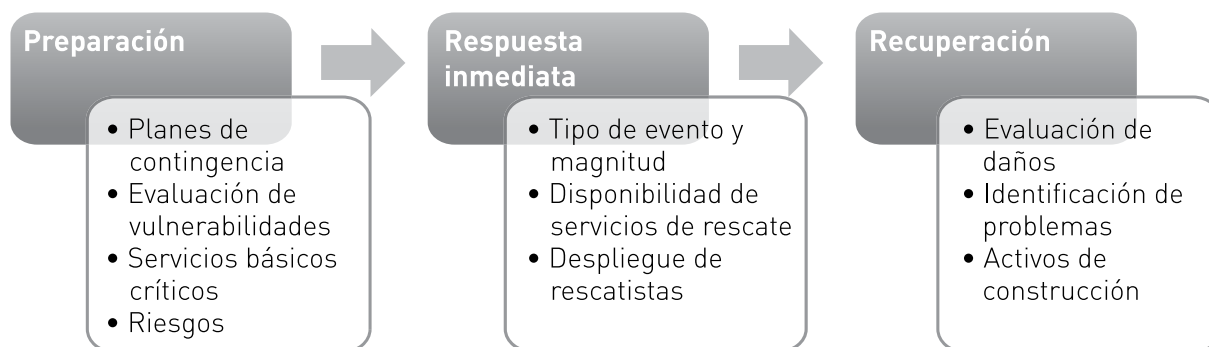
2 Cifra entregada por el Ministro de Hacienda. No existe consenso de la cifra final; algunos análisis privados hablan de 9.000 millones de dólares.

3 Informe de IMTrust sobre los costos del terremoto: <http://www.slideshare.net/ceppdi/imtrust-informe-costos-terremoto-chile>

4 <http://www.wanttoknow.info/femafailureskatrina>

5 <http://blackout.gmu.edu/events/tl1977.html>

TABLA 1. Modelo de Gestión de la Información, del Center for Technology in Government



Lo que plantea el modelo es que la información varía en función de las etapas de la crisis.

- **Preparación:** Contar con información de los servicios básicos, sus riesgos y el nivel de preparación que estos servicios tienen en caso de catástrofe. En esta etapa son necesarios los planes de contingencia, con acciones documentadas, a emprender en un escenario de desastre. Como parte de esta etapa es fundamental difundir los riesgos y las medidas de mitigación necesarias a todos los niveles: servicios públicos, ciudadanos y al público en general. Esta información debe estar actualizada, contar con procesos estructurados de difusión y capacitación de los principales actores (stakeholders) en un evento de catástrofe.

- **Respuesta inmediata:** Cuando ocurre un desastre, toda la información de la etapa de preparación se hace necesaria y es el momento en el que se deben aplicar los planes de recuperación y contingencia. En esta etapa la información es extremadamente relevante para los rescatistas y el personal de emergencia y por lo tanto se deben establecer mecanismos de difusión de la información lo más expeditos posibles.

- **Recuperación de servicios y reconstrucción:** Una vez superada la crisis, se inician las tareas de recuperación de servicios. En esta fase se hace necesaria información para que los ciudadanos puedan retomar su vida normal, reconstruir la infraestructura física, aumentar el nivel de resiliencia. Incluye retroalimentar la información de la etapa de preparación, para mejorar los planes y cursos de acción en futuras crisis.

En forma paralela a las etapas antes descritas, se requiere de información a los ciudadanos, la cual debe ser distribuida por diferentes medios y debe procurar llegar a la mayor cantidad de ciudadanos afectados por la catástrofe. La información a proveer a los ciudadanos tiene que ser estructurada considerando los siguientes elementos claves:

- Uso de múltiples canales, buscando llegar a la mayor cantidad de afectados.
- Debe ser masiva y entendible, pensando en destinatarios con diferentes niveles de educación.
- Debe permitir la toma de decisiones para que las personas protejan sus vidas y enseres.

- Debe entregar información del estado de los servicios básicos y el plan de recuperación.

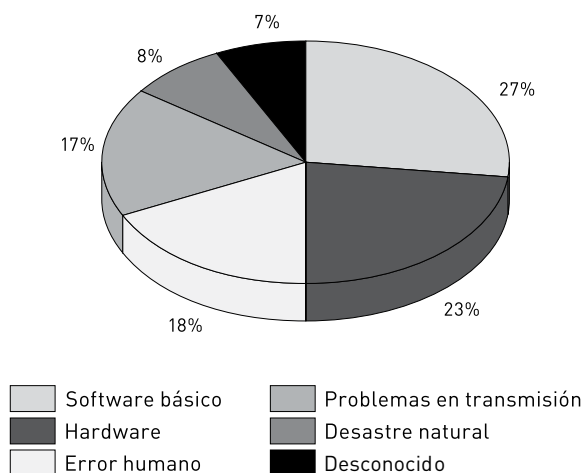
- Establecer puntos de contacto y de retroalimentación, para resolver dudas.

Basado en ellos, este artículo analiza el comportamiento de cuatro elementos relevantes durante la emergencia generada por el terremoto: la Internet, la telefonía móvil, los *datacenter* y el uso que se hizo de la web como herramienta de información pública básica.

Todas las catástrofes naturales ponen a prueba nuestra infraestructura y en muchos casos afectan con la interrupción de los servicios básicos. En el caso de los servicios tecnológicos, la consultora Gartner estima que el 8% de las interrupciones de servicio no deseado son producto de desastres naturales. Este número aumenta a consecuencia de los errores humanos y de operación como se verá que se produjo en Chile.

En los últimos años, la infraestructura tecnológica ha demostrado lo críticas que pueden resultar fallas masivas en algunos de sus componentes. Esto se basa en las experiencias que se pudieron extraer de la problemática Y2K, o efecto año 2000, y en los efectos que produjo el ataque a las Torres Gemelas.

GRÁFICO 1. Causas de interrupción de servicios básicos



Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio de Gartner, Arquitecturas de Alta Disponibilidad para Ambientes de Negocios, Alejandro Barros.

• *Efecto Año 2000 (Y2K)*: Las actividades de preparación, en los años previos a la llegada del año 2000, permitieron que muchas organizaciones entendieran el rol que los sistemas computacionales tenían en su operación (Barros, 1997). Recordemos que el efecto año 2000 se producía porque los sistemas computacionales manejaban el año con dos dígitos, pero con una lógica implícita de cuatro dígitos. Los esfuer-

zos que realizaron organizaciones públicas y privadas para diagnosticar y solucionar el impacto que ese efecto podía tener a partir del 1 de enero de 2000 permitieron dimensionar el impacto de las TIC en la operación de todo tipo de instituciones, tanto públicas como privadas. Eso permitió generar un conocimiento bastante profundo de la relación TI y operaciones de todo tipo.

TABLA 2. Categorización de los servicios vitales, agrupados por sectores

Sector	Servicios o productos
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad • Gas • Petróleo
Telecomunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura permanente (postes, cables, microondas) • Comunicaciones móviles • Radiocomunicación • Comunicaciones satelitales • Broadcasting • Infraestructura Internet y acceso • Correo electrónico y servicios de courier
Agua potable	<ul style="list-style-type: none"> • Provisión de agua potable
Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Provisión de comida
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de Salud
Financiero	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios financieros privados (bancos, otros) • Servicios financieros públicos (impuestos, servicios sociales)
Gestión de agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del agua • Servicios de gestión de aguas superficiales (diques, bombas)
Seguridad y orden público	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento orden público (policía) • Seguridad pública (bomberos)
Justicia	<ul style="list-style-type: none"> • Detención y jurisdicción • Mantenimiento de justicia
Administración central	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios diplomáticos • Servicios de información pública • Fuerzas Armadas • Gobernabilidad civil
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras • Ferrocarril • Transporte aéreo • Transporte marítimo • Ductos

Fuente: Critical Infrastructure Protection in the Netherlands: A Quick –Scan.

• *9/11 - Ataque Torres Gemelas*: Producto del derrumbe de las torres en el World Trade Center (WTC), una cantidad importante de las redes de datos de la ciudad de Nueva York se vio afectada (Dawes, 2004). En la Zona Cero⁶ existía una gran concentración de centros de procesamientos de datos (*data-centers*), puntos de intercambio de tráfico y centros de control de redes de telecomunicaciones. Al colapsar las megaedificaciones, parte importante de esa infraestructura se vio afectada y durante varios días el efecto de cortes de fibra y derrumbes de centros de control impactaron fuertemente a las diferentes redes de telecomunicaciones de la ciudad de Nueva York.

Estos dos eventos generaron nuevas prácticas, bastante diferentes, al menos en Estados Unidos, respecto de la gestión de infraestructura crítica TI en situaciones de desastres.

La primera pregunta a responder es qué tan crítica es la infraestructura TIC y, como ante toda pregunta tan genérica, la respuesta es: depende. Pero ya existen importantes niveles de acuerdo respecto de qué elementos de este tipo de infraestructura deben estar considerados al momento de agrupar los elementos más críticos. Los autores Luijff, Burger y Klaver, en su paper *Critical Infrastructure Protection in the Netherlands: A Quick-Scan (2003)*, definen “infraestructura crítica” a partir de servicios o productos que tienen ciertos atributos:

- Aquellos que realizan una contribución esencial en la sociedad, en el sentido de mantener niveles mínimos definidos de: (1) estado de derecho y orden público local e internacional, (2) seguridad pública, (3) economía, (4) salud y (5) medioambiente.
- Cuando su pérdida o interrupción impacta a los ciudadanos y a la administración (gobierno) a escala nacional o pone en riesgo los niveles mínimos de calidad de servicio.

A partir de esa definición, los autores establecen una categorización de los servicios vitales agrupados por sectores.

Hay varios de estos sectores y servicios que parecen obvios y que en cualquier plan de emergencia están contemplados, pero al analizar el sector de las Telecomunicaciones, este incluye no sólo la infraestructura básica de telefonía fija y móvil, como podría ser lo obvio, sino que otros medios de comunicación como son la Internet, acceso a la red pública de datos y la mensajería electrónica.

Uno de los elementos que el sismo reflató fue la discusión respecto de la infraestructura crítica y el rol que tienen las TIC en situaciones como ésta. Analicemos con mayor detalle el com-

portamiento de algunos elementos que se pueden considerar relevantes. Cabe señalar que el análisis de estas componentes no ha sido fácil, ya que los niveles de secretismo respecto de la información son altos y no existen normas que obliguen, o al menos permitan, acceder a la información de manera expedita. Los elementos que se analizarán en este trabajo son:

- comportamientos de Internet,
- servicios de telecomunicaciones (telefonía móvil),
- servicios tecnológicos,
- y finalmente el uso de la web como herramienta de información pública básica.

2. EL COMPORTAMIENTO DE LAS TIC EN EL TERREMOTO

2.1 LAS FALLAS EN INTERNET

La gran duda a despejar es si la Internet chilena, esto es el *backbone* de acceso a la red pública de datos Internet en Chile, presentó fallas producto del terremoto y cuál fue su comportamiento. En estos días se ha generado una gran discusión al respecto, tanto en términos informales (foros, grupos de discusión y otros) como también en centros académicos.

El director de NIC Labs⁷, el académico José Miguel Piquer PhD⁸, junto a su equipo de investigadores, en particular el académico Tomás Barros PhD⁹ (2010), han desarrollado una investigación muy acuciosa de cuál fue el comportamiento de Internet en Chile en las horas posteriores al terremoto.

El análisis realizado por estos investigadores utilizó como base la información del enrutamiento de direcciones (rutas de acceso). Recordemos que Internet tiene una arquitectura distribuida y, por lo tanto, cuando un usuario quiere llegar a un determinado sitio web¹⁰ se establece una ruta entre proveedores de servicio, ISP y finalmente entre diferentes servidores. Estas rutas pueden variar con el tiempo. Uno de los principales atributos de esta arquitectura es que es factible acceder por varias vías alternativas entre un punto de origen y el punto de destino, lo cual hace que su estructura sea muy robusta desde un punto de vista de diseño.

El equipo de NIC Labs (2010) realizó un análisis exhaustivo de la información de rutas del protocolo BGP⁴¹¹, las cuales quedan almacenadas en las bitácoras (logs), por lo que se pueden volver a construir las rutas para determinado acceso.

Lo que demuestra el referido análisis es que, producto de los problemas de enlace al *backbone* de la empresa Global Crossing¹² y de problemas en los puntos de intercambio de tráfico, una parte significativa de la web chilena no estaba visible des-

⁶ Se le denominó así a la zona geográfica que rodea al WTC y donde se produjeron los principales daños producto de los atentados.

⁷ NIC Labs (<http://www.niclabs.cl>), laboratorio de investigación aplicada y transferencia tecnológica, dependiente del administrador de.cl NIC Chile (<http://www.nic.cl>). Nic Labs está desarrollando diversas investigaciones en el área de redes IP e Internet en general.

⁸ <http://www.dcc.uchile.cl/~jpiquer/>

⁹ <http://www.niclabs.cl/content/equipo>

¹⁰ Este artículo no va a entrar en detalles respecto de otros servicios que presta la Internet, concentrándose en la navegación que se produce por el puerto 80 y el protocolo http y el correo electrónico. En todo caso, los problemas de ruteo son independientes del protocolo.

¹¹ Estándar de enrutamiento de redes.

¹² En Chile existen dos proveedores de acceso al backbone internacional, Global Crossing y Telefónica, ambos cuentan con un anillo de fibra óptica que cubre gran parte de América del Sur.

de el exterior, esto es, si bien los sitios web estaban activos no era posible acceder a ellos pues no existía un camino factible.

Las estimaciones iniciales de NIC Labs (*op. cit*) es que un porcentaje significativo de la web chilena no estuvo visible desde, aproximadamente, las 04:00 hasta las 11:00 horas del 27 de febrero de 2010. La secuencia siguiente (Diagramas 1, 2 y 3) muestra el comportamiento de las rutas para acceder al dominio www.nic.cl. Cabe señalar que este análisis se realizó para diferentes sitios¹³ que, en opinión de los investigadores de NIC, tienen altos niveles de disponibilidad en tiempos normales y están, de alguna u otra forma, vinculados a la catástrofe.

La secuencia (diagramas 1, 2 y 3) muestra en forma gráfica los caminos de acceso hacia el sitio de NIC Chile (<http://www.nic.cl>) a las 03:37, 03:41 y 04:07 horas del 27 de febrero de 2010.

Como se aprecia, existen básicamente dos rutas de acceso a dicho dominio: Equant y Entel.

A las 03:41 se interrumpe el acceso vía Equant, se puede acceder sólo vía Entel.

A las 04:07 NIC pudo acreditar que no existen rutas posibles de acceso. Esto muestra que si bien los enlaces entre los proveedores estaban activos y el servidor donde reside www.nic.cl también estaba activo, no era posible acceder. Esta situación ocurrió con diferentes dominios. NIC Labs levantó un sitio www.niclabs.cl/terremoto en el cual cualquier usuario puede verificar la visibilidad de su sitio en la madrugada del 27 de febrero.

La conclusión a la que llega NIC Labs, producto del análisis

de la situación y revisando el comportamiento de diferentes sitios, es bastante lapidaria: un 64% de la Internet chilena desapareció de las Tablas de enrutamiento de todo el mundo¹⁴.

La pregunta obvia que surge es: ¿Por qué una infraestructura con un diseño cuyos elementos están basados en modelos de alta disponibilidad, esto es una red distribuida que permite acceso a sus nodos por múltiples rutas, no logró resolver el problema en Chile?

DIAGRAMA 2. Vista de dominio www.nic.cl a las 03:41 h.

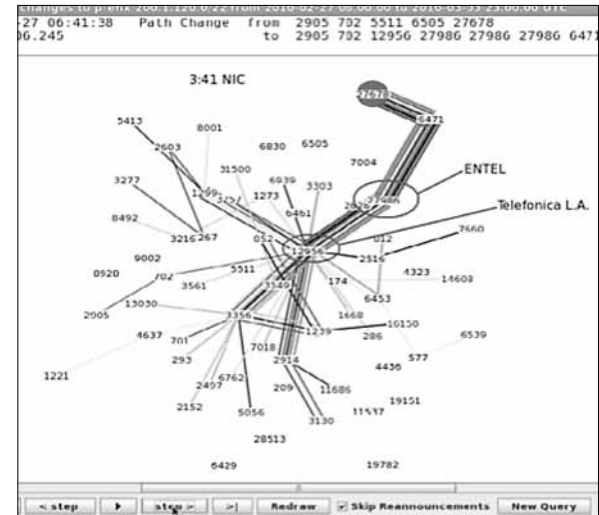


DIAGRAMA 1. Vista de dominio www.nic.cl a las 03:37 h.

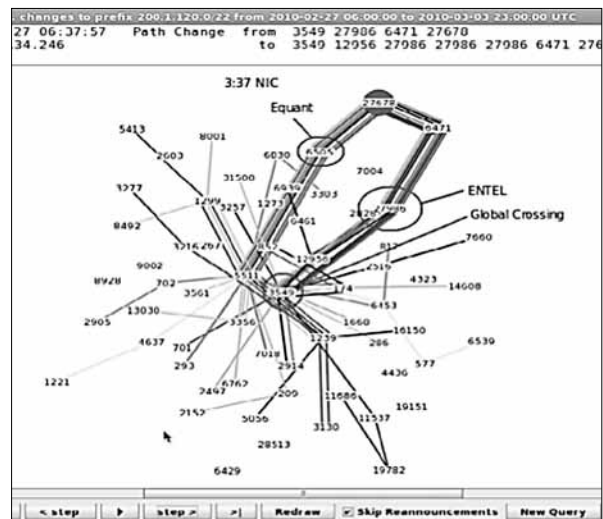
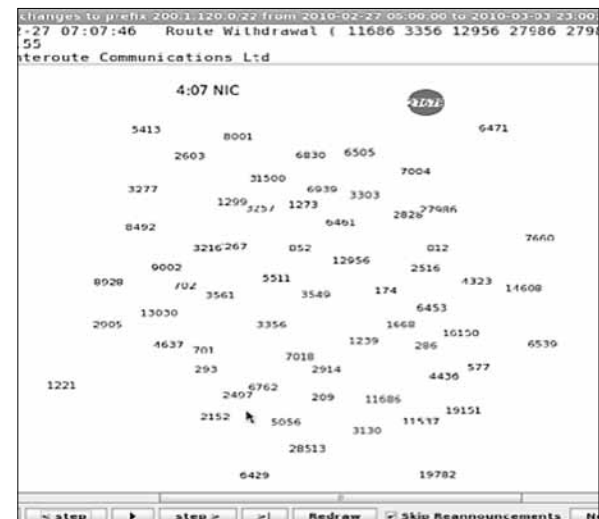


DIAGRAMA 3. Vista de dominio www.nic.cl a las 04:07 h.



13 NIC Labs realizó una exhaustiva investigación con múltiples sitios y métricas, incluso se puede conocer el comportamiento que tuvo cualquier dirección IP en un simulador que desarrollaron para tal efecto en <http://www.niclabs.cl/terremoto>

14 Enrutamiento BGP4: El BGP o Border Gateway Protocol corresponde a un protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento entre sistemas autónomos, es el mecanismo de enrutamiento entre proveedores de acceso ISP.

TABLA 3. Cronología del acceso a la Internet chilena

Hora	Evento
3:37	Se interrumpe el enlace de la empresa Global Crossing
3:40	El tráfico se redirecciona por el anillo de la empresa Telefónica
4:00 – 9:00	Se produce una caída masiva de los proveedores de acceso: Entel, GTD, Telmex
9:00 – 11:00	Algunos proveedores de conectividad vuelven en forma inestable: Entel, Orange
11:00 (aproximado)	Vuelve la energía eléctrica a sectores protegidos del centro de Santiago
11:30	Vuelve el servicio de Telmex
11:31	Inestabilidades el resto del fin de semana

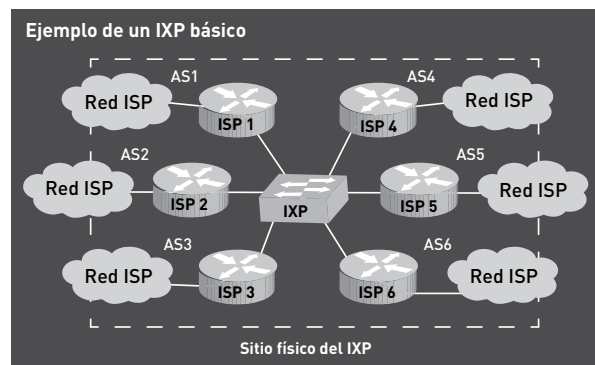
Producto del análisis realizado y de algunos supuestos, se demuestra que la “arquitectura” de la Internet chilena no siguió el esquema de redundancia que le permitiría resolver situaciones extremas como la del 27/2. Para ello es fundamental contar con un *backbone* compuesto de puntos de intercambio de tráfico (PIT) con una estructura sólida y más robusta, que permita que en condiciones extremas se pueda *enrutar* el tráfico por caminos alternativos. Si bien existe hoy una norma¹⁵ técnica de los PIT, emanada de Subtel en diciembre del año 2000, esta es bastante laxa en términos de niveles de disponibilidad y aseguramiento del modelo como infraestructura crítica.

Algunas compañías expertas en redes, como es el caso de Cisco, proponen modelos redundantes para establecer los PIT en una arquitectura que soporte eventos y catástrofes que bloqueen rutas de acceso. En el Diagrama 4 se muestra un modelo de PIT (IXP por sus siglas en Inglés) presentado por Mi-

chael de Leo (2007), de Cisco, en una conferencia de Lacnic¹⁶ sobre arquitectura de redes. En ella se aprecia cómo diferentes proveedores de servicio de conectividad ISP acceden a un punto de PIT y pueden *enrutar* por diferentes caminos los requerimientos de acceso.

Adicionalmente, se deben establecer protocolos de enrutamiento de tráfico, como lo demuestra el análisis de las rutas BGP: en momentos posteriores al terremoto la red funcionó adecuadamente, enviando el tráfico de Global Crossing por Telefónica. Pero, posteriormente, aparecen problemas de conectividad, llegando a que ciertas zonas de la web desaparecieran, por lo que el mecanismo inicialmente operó, pero por alguna razón este esquema alternativo se interrumpió. La sospecha de los especialistas es que ocurrió producto de la manipulación de operadores y/o fallas de energía eléctrica. Recordemos que, producto del terremoto, el centro de Santiago (lugar en que habitualmente la energía eléctrica no se interrumpe o si lo hace, es por periodos muy cortos de tiempo) el día 27 tuvo un corte de suministro eléctrico de larga duración, varias horas, lo que en muchos casos afectó la autonomía de operación de las instalaciones en esa zona y, finalmente, se tradujo en una falla generalizada (Barros, A. 2010).

DIAGRAMA 4. Modelo de PIT sobre arquitectura de redes



Fuente: Conferencia Aspectos Técnicos de los IXP, Michael de Leo, Cisco¹⁷.

2.2 LOS PROBLEMAS DE LA TELEFONÍA MÓVIL

Al analizar la telefonía, en particular la telefonía móvil, lo que pudieron apreciar los usuarios está graficado por el análisis de una empresa proveedora¹⁸ de soluciones móviles.

Como lo muestra el diagrama 5, los problemas no sólo fueron aquellos asociados al incremento exponencial de tráfico, lo cual afecta en los primeros momentos (horas), cuando se dan este tipo de situaciones. La falla fue más profunda: durante un período largo de tiempo (días) consistió en que las redes no estuvieron en condiciones de establecer llamadas. Los síntomas para

¹⁵ Norma de Subtel: Requisitos Técnicos y Administrativos de un Punto de Intercambio de Tráfico de Internet (PIT) - http://www.subtel.cl/prontus_subtel/site/artic/20070102/pags/20070102180725.html

¹⁶ Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry - <http://www.lacnic.net>

¹⁷ <http://lacnic.net/sp/eventos/tallerixp/>

¹⁸ Sixbell - www.sixbell.cl

DIAGRAMA 5. Comportamiento de la telefonía móvil post terremoto



Fuente: Sixbell.

19 <http://www.fcc.gov>

20 The Government Emergency Telecommunications Service

21 <http://gets.ncs.gov/docs.html>

22 <http://www.ncs.gov/video/wps.mpg>

23 <http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/cmas.html>

24 Subsecretaría de Telecomunicaciones dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, www.subtel.cl

25 http://www.subtel.cl/prontus_subtel/site/artic/20100504/pags/20100504112748.html

26 UPTIME INSTITUTE - Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology.

un usuario final de telefonía celular se aprecian en la Tabla 4.

En países que han pasado por situaciones similares en el pasado, como es el caso de Estados Unidos en la crisis de Katrina y Septiembre 11, la solución definida por el regulador FCC¹⁹ (Federal Communication Commission) fue establecer mecanismos de priorización de llamadas. El sistema denominado GETS²⁰ provee de un sistema de procesamiento²¹ de llamadas priorizadas en los eventos de congestión, como los ocurridos en las primeras horas después del terremoto.

El sistema ha logrado que en situaciones con altos niveles de congestión se puedan completar el 95% de las llamadas de los usuarios adheridos al sistema, en circunstancias que sólo el 10% de las llamadas de usuarios no adheridos pudieron cursar la llamada en forma exitosa en esos mismos periodos. Esto se logra gracias a que el sistema prioriza las llamadas originadas por un usuario adherido versus uno que no lo está. Los países que utilizan estos sistema incluyen entre los usuarios adheridos a personal de emergencia y autoridades.

Otro sistema que opera en forma paralela al sistema GETS; en el caso del mundo móvil, es el WPS²² (Wireless Priority System). Ambos sistemas requieren de soluciones tecnológicas que permitan priorizar llamadas a usuarios predefinidos, tanto GETS como WPS; no requieren de dispositivos especiales en las puntas y basta con teléfonos normales, por lo que su implementación es relativamente simple y está asociada a cambios de software en las centrales. Ambos servicios tienen costos específicos, como cargo fijo y cargos especiales por llamada.

Adicionalmente, se está evaluando la implementación del estándar CMAS (Commercial Mobile Alert System), cuyo propósito es permitir a las compañías de telecomunicaciones en-

viar mensajes de texto a grupos seleccionados de usuarios²³. El mensaje debe, además, entregar señales adicionales en el dispositivo (tono de la llamada especial, luces u otro mecanismo). El CMAS pretende ser un estándar que todas las compañías móviles implanten.

Cabe señalar que ninguna de las tecnologías aquí señaladas se encuentra en operación en nuestro país; se hace mención a ellas como alternativas tecnológicas en operación en otros países con resultados adecuados en casos de crisis.

El organismo regulador chileno, Subtel²⁴, se encuentra en un proceso de análisis de estas tecnologías y ha planteado que se está diseñando un plan de operación en crisis, el cual fue anunciado el día 4 de mayo de 2010²⁵.

2.3 LOS BAJOS ESTÁNDARES DE LOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Otra área que se vio afectada es la que corresponde a los denominados servicios tecnológicos o más bien servicios de infraestructura tecnológica, comúnmente conocidos como *data-center*. Estos proveedores alojan y operan en sus instalaciones muchos sistemas tecnológicos críticos, como son servicios públicos, servicios financieros, comercio y otros.

Los proveedores de *datacenter* utilizan un conjunto de normas para definir sus servicios y los estándares a los que responden. Los estándares más utilizados pertenecen a la clasificación TIER y EIA²⁶. En la Tabla 5 se entregan los criterios de diseño de estos centros de servicios tecnológicos en función del nivel de criticidad del negocio (Avelar, 2007).

Al analizar la tabla anterior se puede concluir que en Chile son pocos los proveedores de estos servicios que llegan al ni-

TABLA 4. Efectos percibidos por usuarios de telefonía móvil

Periodo desde terremoto	Efecto
0 - 2 horas	Congestión, se cursaba un porcentaje de llamadas muy bajo, se podían enviar mensajes de texto y algo de transmisión de datos
2:01 – 6:00 horas	Se caen las redes de las empresas, ya no sólo era difícil realizar una llamada, los teléfonos aparecían con la indicación “Sin servicio”
6:01 – 18:00 horas	Red inestable
18:01 – 72:00	Sin servicio, producto de los problemas de falta de energía y combustibles para los generadores en las celdas celulares

TABLA 5. Criterios de diseño de los *datacenter*

Criticidad	Características del negocio	Requisitos de diseño
1	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeñas empresas • Poca presencia online • Baja dependencia de TI • Baja criticidad al no servicio 	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiples puntos de falla • No cuentan con generadores • UPS sólo permita shutdown ordenado • Vulnerable a inclemencias del tiempo • Pocos minutos de operación sin energía (hasta 10 minutos)
2	<ul style="list-style-type: none"> • Parte de sus ingresos son online • Múltiples servidores • Sistema telefónico vital para el negocio • Dependencia del mail • Tolerancia a baja de servicio planificada 	<ul style="list-style-type: none"> • Alguna redundancia en energía y sistema de refrigeración • Generador • Hasta 24 horas sin energía • Selección de lugar del <i>datacenter</i> no es muy relevante
3	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia mundial (global) • Mayoría de ingresos online • Telefonía IP • Alto costo del downtime • Marca prestigiada 	<ul style="list-style-type: none"> • Red activa y pasiva de energía • Redundancia en energía y refrigeración • Redundancia en proveedores de conectividad • Hasta 72 horas sin energía • Selección muy cuidadosa del emplazamiento del <i>datacenter</i> • Permite mantención sin detención
4	<ul style="list-style-type: none"> • Negocio multimillonario • La mayoría de los ingresos son producto de transacciones electrónicas • Todo el modelo de negocios está basado en TI • Costo del downtime extremadamente alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Dos redes activas de energía y servicios básicos • Sistemas de energía y enfriamiento con modelo 2N • Hasta 96 horas sin energía • Las ubicaciones del datacentro en ciertos lugares • Alto nivel de seguridad física • Personal de mantención 24 x 7

Fuente: Elaboración propia a partir de Guidelines for Specifying Data Center Criticality / Tier Levels.

vel 3 y que no existen proveedores que operen en nivel 4, a pesar de que algunos, antes del terremoto, vendían sus servicios con estas características.

Probablemente lo más frustrante en esta área es la poca transparencia de estos proveedores para reconocer sus errores y tomar medidas preventivas. El caso más emblemático es el del Banco Chile, que tuvo problemas con su proveedor Global Crossing, lo que le significó pasar varios días sin servicio, con el consecuente costo tanto financiero como de imagen (Stark, J.I. 2010).

2.4 CONTENIDO DE LAS PLATAFORMAS WEB: DOS CARAS DE LA MONEDA

Si se analiza lo que ocurrió con los medios de comunicación de Internet, como plataforma de información masiva y de bajo costo, el comportamiento de la web chilena mostró dos caras de la moneda muy diferentes: los sitios web del sector público prácticamente no fueron utilizados para informar a la ciudadanía, mientras la sociedad civil desplegó grandes esfuerzos en este sentido.

2.4.1 Sector Público

Para este trabajo se realizó un seguimiento del contenido de las páginas web consideradas fundamentales para la información a la ciudadanía. El mencionado seguimiento correspondió a la navegación en diversos sitios web durante las horas posteriores al terremoto. El proceso de navegación fue terminado en la tarde del día 3 de marzo (Barros, A. 2010).

El lunes 3 de marzo a las 17:10, esto es a 60 horas del terremoto, las páginas web²⁷ de las instituciones públicas más relacionadas con una situación de catástrofe, esto es, Onemi²⁸, Ministerio del Interior, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Carabineros de Chile y Presidencia, mostraban bastante poca

información relacionada con el terremoto. En algunos casos, como la Onemi, llegaba al extremo que en su centro de alertas vigentes aparecía como último evento una alerta de incendios forestales del 21 de enero del presente año, esto es dos meses antes, y sin referencia al terremoto ocurrido pocas horas atrás.

El Ministerio del Interior, a la hora del análisis, sólo tenía información parcial, más bien relacionada con el cumplimiento de las medidas de toque de queda en Concepción que respecto a datos útiles para los ciudadanos.

Un caso interesante a destacar fue el Ministerio de Obras Públicas, ya que producto de problemas en el *datacenter* de su proveedor, lo que implicó que su sitio web estuviera fuera de servicio, las autoridades decidieron armar un blog, en plataforma de Google Blogger. Este mini sitio mostraba la situación de las carreteras y en general la infraestructura caminera. Para ello utilizaron Google Maps como herramienta.

Lo más preocupante en ese momento era que la mayoría de las presencias web del Estado estaban más dedicadas a mostrar a las autoridades haciendo declaraciones o difundiendo avances que en entregar información útil a los ciudadanos. Con algunas excepciones, la gran mayoría de los sitios del Estado no contaba con información pertinente y útil al ciudadano. Un ejemplo claro de ello es la portada del sitio del Ministerio del Interior, en el cual la única información relacionada con el terremoto era el nivel de cumplimiento del toque de queda en Concepción.

Como una forma de revertir esta situación, y producto de los análisis hechos por este autor en el momento, publicados en este documento, y otros sobre el desempeño de la web de gobierno, se inició un proyecto para levantar información asociada a la emergencia. En pocos días, se puso información relevante para el ciudadano en el portal de servicios Chilelic²⁹,

²⁷ Sitios web de Gobierno: ¿Qué tanto aportaron en esta catástrofe?, Alejandro Barros, <http://www.alejandrobarrros.com/content/view/736950/Sitios-Web-de-Gobierno-Que-tanto-aportaron-en-esta-catastrofe.html>

²⁸ Oficina Nacional de Emergencia.



Fuente: Imagen sitio web de Onemi, 1/3/2010 a las 17:10, www.alejandrobarrros.com.



Fuente: Google Maps, estado de caminos e infraestructura vial, al 1/5/2010 11:45, <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=es&oe=UTF8&msa=0&msid=113716870702282583875.000480af8bc480bc2b82c&z=6>.

sitio de la Secretaría Ejecutiva de la Estrategia Digital del Ministerio de Economía. La estrategia que se siguió fue modificar la página principal, asociándola a la emergencia, con el concepto “En emergencia Chileclic Informa” y escondiendo la información que no era necesaria en ese momento.

En el portal se recopiló información de diversos orígenes con una mirada ciudadana. La idea era responder la pregunta *¿qué información necesita una persona común y corriente para reaccionar de mejor forma al terremoto?* Este sitio fue levantado en pocos días por un equipo de funcionarios del Ministerio de Economía y algunos voluntarios.

Para ello se estructuró una guía de emergencia, utilizando el mismo esquema de servicios y trámites de la guía Chileclic. En pocos días el sitio contaba con 76 documentos y servicios. La información se agrupó por área temática.

En el caso del área de vivienda contaba con dos tipos de información:

- Información para propietarios de viviendas afectadas³⁰
- Orientación sobre seguros³¹

La información contenida en este sitio corresponde a una reagrupación de la información ya existente en Chileclic, a la cual se le definió una estructura más vinculada con los requerimientos de los ciudadanos en el momento de la catástrofe.

Adicionalmente, se realizó un levantamiento bastante exhaustivo con diferentes reparticiones públicas para ser publicada en el portal. La respuesta en entregar información por parte de servicios públicos, si bien fue lenta, permitió agrupar información que estaba dispersa dentro del Estado y entregarle al ciudadano un punto único de acceso. Se debe señalar que Chileclic es una ventanilla de acceso y no el repositorio de la información final, la cual reside en cada originador de información.

Adicionalmente, se procedió a georreferenciar información³², utilizando Google maps, con antecedentes sobre: donaciones, centros de acopio, voluntarios, donación de sangre, estado de aeropuertos y otros. Como una forma de difundir la información contenida en el portal Chileclic, se utilizaron las redes de Facebook y Twitter con una cuenta especial @chileclic y utilizando el *hashtag* (etiqueta) #terremotochile y otros.

El tráfico del sitio aumentó significativamente en días posteriores al terremoto llegando, según antecedentes de los encargados de la plataforma (Saavedra, 2010), hasta 25.000 usuarios únicos por día en periodos *peak*. Asimismo aumentó la cantidad de sitios que referenciaron a Chileclic, pasando de 700 a 1.500 sitios.

Las redes sociales y en particular *twitter* sufrieron un cambio muy significativo en días posteriores al terremoto y de hecho se transformaron en una fuente de información alternativa. El incremento de mensajes y seguidores asociados al terremoto

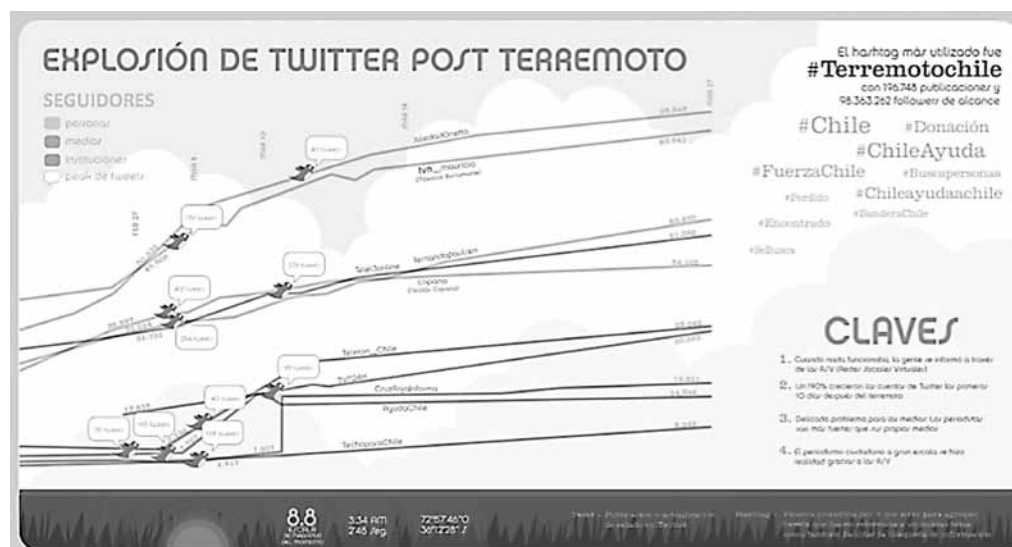
²⁹ <http://www.chileclic.cl>

³⁰ Información para dueños de viviendas afectadas: <http://www.chileclic.gov.cl/1542/article-190069.html>

³¹ Orientación sobre seguros de Viviendas: <http://www.chileclic.gov.cl/1542/article-190091.html>

³² Guía de Ayuda Ciudadana: http://maps.google.com/maps/ms?f=q&source=s_q&hl=en&geocode=&vps=1&jsv=209c&ie=UTF8&hq=&hnear=Bandera+140,+Santiago,+Chile&oe=UTF8&msa=0&msid=104432067380790279236.000480e621e2649e98d07

GRÁFICO 2. Incremento de mensajes en Twitter post terremoto



Fuente: TheLab Y&R en base a datos de Simplycit.com / Twittercounter.com / Tweetstats.com.

33 <http://www.thelabyr.cl/blog/>

34 Un techo para Chile: <http://www.untechoparamipais.org/chile/>

35 Levantemos Chile: <http://www.levantemoschile.cl>

36 Chile Ayuda: <http://www.chileayuda.com>

37 <http://www.chileayuda.com/chileayuda-mejor-iniciativa-social-2010/>

38 Software y Servicios Chile AG - <http://www.gechs.cl>

39 Las métricas de tráfico fueron entregadas por Cristián Sepúlveda, uno de los colaboradores del proyecto Chile Ayuda.

40 La herramienta de Google Trends no permite un análisis más granular y acotado a un periodo definido. No cuenta con información del mes de febrero, por lo que no se puede establecer un análisis entre el 20 de febrero y 30 de marzo, como sería de interés para analizar los cambios.

to fue exponencial, tal como lo muestra el estudio de TheLab Y&R³³ (ver Gráfico 2).

2.4.2 Sociedad Civil

Por su parte, la sociedad civil se organizó y desplegó una serie de iniciativas en forma paralela y las más exitosas, al menos desde un punto de vista de su visibilidad, fueron Un techo para Chile³⁴, Levantemos Chile³⁵ y Chile Ayuda³⁶. Estas tuvieron orígenes diversos:

- *Un Techo para Chile*, sitio web de la organización dependiente del Hogar de Cristo, perteneciente a la Iglesia, dedicada a la erradicación de los allegados y trabajos voluntarios. Este sitio existía antes del terremoto y fue modificado para entregar información de las zonas afectadas, campañas de recolección, organizar la reconstrucción e instalación de mediaguas en las zonas afectadas.

- *Levantemos Chile*, sitio creado especialmente para la catástrofe, desarrollado al alero de un grupo organizaciones privadas y públicas, que entrega información de diversa índole, en particular de voluntariado y donaciones.

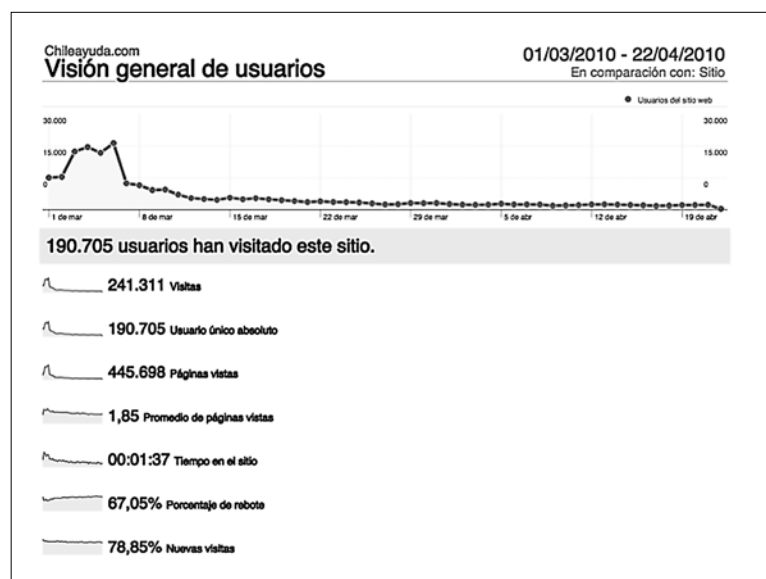
- *Chile Ayuda*, sitio levantado especialmente por un grupo de desarrolladores de plataformas web y algunos pequeños em-

presarios tecnológicos con el objeto de entregar información a través de las redes sociales. Esta iniciativa fue premiada como la iniciativa social del 2010³⁷ por la asociación gremial Gechs³⁸.

En el análisis del tráfico de la iniciativa Chile Ayuda se puede apreciar el impacto que tuvo en días posteriores al terremoto. El gráfico 3³⁹ muestra el comportamiento de visitas entregado por Google Analytics, con un total de 241.311 visitas en el periodo 1 de marzo 2010 a 22 de abril 2010. El mismo análisis muestra que el tráfico del sitio cae bruscamente a partir de la segunda quincena de marzo, un indicador de aquello es que aparecen otras iniciativas y que los requerimientos de información asociados al periodo post crisis se reducen, esto es, los correspondiente a la etapa "Respuesta inmediata".

Al analizar el comportamiento del sitio www.chileayuda.com, comparándolo con otros sitios y utilizando las herramientas de Google Trends⁴⁰, muestra que dicho sitio tuvo un tráfico bastante mayor que otros que, en una situación de catástrofe, debieran tener alto tráfico, como es el caso de Ministerio del Interior y Ministerio de Salud, por citar algunos.

El sitio de Onemi, tiene alto tráfico porque se trata de un sitio en el cual los ciudadanos esperarían encontrar información, sobre todo en situaciones de sismo. Lo demuestra el brusco incremento de tráfico correspondiente al día 11 de marzo de

GRÁFICO 3. Tráfico de sitio www.chileayuda.com para el periodo 1 de marzo de 2010 a 24 de abril de 2010

Fuente: Google Analytics.

2010 cuando se produjeron las fuertes réplicas del terremoto.

En todo caso hay que enfatizar que el sitio de la Onemi se transforma en un sitio apeteído desde un punto de vista de su búsqueda en la web. Este análisis no recoge elementos de calidad de información que, como ya se analizó, era bastante pobre: el sitio contaba con muy poca información. Incluso varios días después del terremoto, a fines de marzo, el sitio de Onemi prácticamente no contenía información relevante de la catástrofe⁴¹.

La gráfica muestra que el sitio Chileayuda.com y Chileclic estuvieron en un nivel de tráfico similar en los primeros días después del terremoto y muy por sobre otros sitios del Estado.

3. CONCLUSIONES

Es muy común, cuando se les pregunta a los ciudadanos chilenos por la infraestructura crítica, que piensen en caminos, energía eléctrica, agua, servicios de salud. Algunos más informados irán un poco más allá y dirán transporte y telecomunicaciones; pero muchos de ellos cuando dicen telecomunicaciones están pensando en radio, telefonía y TV.

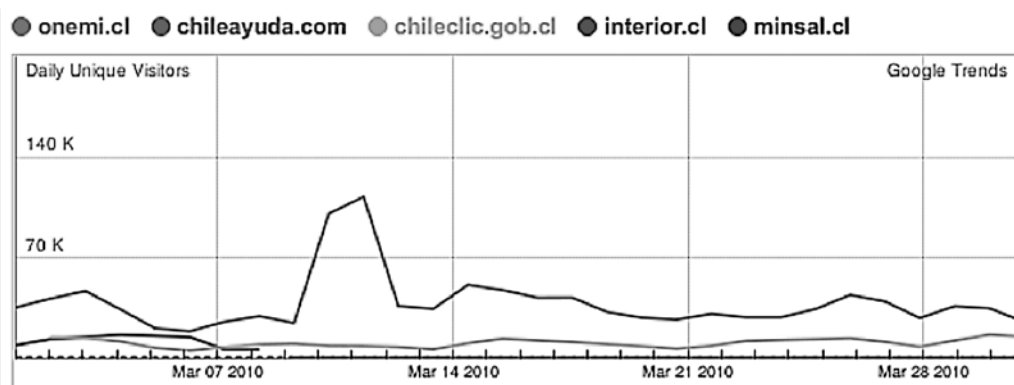
Es casi seguro que las redes de datos no formarían parte de ese análisis y esto quedó demostrado en la última catástrofe.

No se vio a los medios de comunicación referenciando a las redes de datos como elementos centrales, a pesar de que éstas se utilizan a diario. Más aún, una buena forma que los ciudadanos tuvieron para comunicarse fue *twitter*, que utiliza la red de datos para establecer la comunicación.

Nuestro *backbone* de Internet mostró sus falencias: 64% de la web chilena no se veía desde fuera de nuestro país. Las falencias en su mayoría corresponden a problemas de operación y planes de contingencia que no operaron, como lo demuestra el análisis de NIC Labs. Si se pudo operar durante un periodo de tiempo post terremoto, pero luego esa situación cambió radicalmente, por lo que la falla no fue producida en forma directa por el terremoto, sino por efectos que pudieron ser previstos, por ejemplo, con una arquitectura tecnológica del *backbone* de nuestra red más robusto y con mayores exigencias de disponibilidad de los puntos de intercambio de tráfico, materia que la autoridad debería regular de mejor forma. La pregunta que cabe aquí es ¿cuáles deben ser los niveles mínimos exigibles para la disponibilidad de la Internet en Chile? Un actor importante a la hora de definir los requerimientos técnicos mínimos para esos puntos de intercambio debiera ser NIC Chile y la academia. Desde un punto de vista de los planes de contingencia, los ISP deben establecer acuerdos de in-

⁴¹ El 26 de marzo de 2010 el sitio www.onemi.cl aún presentaba escasa información. Para más antecedentes ver <http://www.alejandrobarrros.com/content/view/749058/Sitios-Web-de-Gobierno-Caso-ONEMI.html>

GRÁFICO 4. Evaluación comparativa de tráfico de www.chileayuda.com



Fuente: Google Trends.

tercambio de tráfico más robustos, que permitan que nuestra red, en situaciones como las del 27 de febrero, siga operando, probablemente con tiempos de respuesta inferiores, pero que no nos ocurra nuevamente que un porcentaje significativo de la Internet quede fuera de servicio.

Nuestra infraestructura de telefonía móvil mostró su debilidad, no sólo asociada a la congestión habitual que se produce en estas situaciones, la que se resuelve con mecanismos de priorización de llamadas y alertas masivas vía mensajería, como la descrita en este artículo. Al igual que en el caso de Internet, se produjeron diversos problemas operacionales asociados fundamentalmente al manejo de la contingencia y a que los planes de contingencia no dieron sus frutos.

El comportamiento de algunos proveedores de servicios tecnológicos mostró su precariedad a la hora de resolver la problemática de operación continua en situación de catástrofe y para la cual dichos proveedores venden sus servicios. Probablemente lo que más indigna es la falta de transparencia a la hora de reconocer sus problemas, lo cual le hace un flaco favor a la industria TI.

El comportamiento de la web nacional después del terremoto, al menos de los sitios oficiales, no estuvo a la altura, mostrando en algunos casos páginas con la última actividad de la autoridad y sin dar cuenta de la catástrofe ocurrida. Se debe destacar algunas excepciones que, a pesar de sus problemas operacionales, adoptaron medidas muy ingeniosas como las del Ministerio de Obras Públicas, subiendo su sitio a un blog con el objetivo central de informar a la ciudadanía. Por otra parte, el esfuerzo desplegado por el equipo de Chileclíc y un grupo de voluntarios se debe destacar, ya que lograron en pocas horas subir in-

formación relevante para la ciudadanía.

Algunas autoridades aún no comprenden la relevancia que tiene la web como medio de información, que resulta fundamental y complementario a los medios tradicionales a la hora de informar a los ciudadanos.

Respecto a las categorías de información para gestión de crisis presentadas en el punto 1, (Modelo de Gestión de la Información, del Center for Technology in Government) esto es, Preparación, Respuesta inmediata y Recuperación, quedó de manifiesto que nuestra infraestructura crítica TIC no respondió adecuadamente. Es aún muy pronto para sacar conclusiones en la categoría “recuperación” y debiéramos esperar algo de tiempo para evaluarla. Pero quedó claramente demostrado que la información para la Preparación frente a crisis o catástrofes no operó. Baste señalar un solo ejemplo de ello: el sitio de Onemi, durante un mes, no ofreció ninguna información relevante, más allá de *feeds* de noticias a otros sitios. Nuestro *backbone* de Internet demostró que no estaba preparado, y escasamente fue un apoyo de información en la etapa de Respuesta inmediata.

Probablemente la lección más importante de esta situación, así como lo fue el mejoramiento de normas constructivas después del terremoto de 1985, es que las TIC no son opcionales, ni suntuarias. En este episodio quedó de manifiesto la criticidad de la infraestructura de tecnologías de información y comunicaciones. Por lo tanto, es de esperar que se tomen las medidas, aumentando la robustez y resiliencia de dicha infraestructura, para que en futuros eventos de esta magnitud nuestro *backbone* de Internet permita el acceso por rutas alternativas y la red de telefonía móvil cuente con sis-

temas de alerta temprana y operación continua. Por último, nuestras autoridades deberían aprender la lección respecto del rol que debe jugar la web en escenarios de catástrofe, como un medio eficiente para informar a los ciudadanos.

Ahora que entramos en la etapa de Recuperación, según la categorización del Centre for Technology in Government, realicemos un rediseño de las principales componentes de nuestra infraestructura crítica tecnológica y de comunicaciones.

REFERENCIAS

- Avelar, V. (2007). White Paper 122: Guidelines for Specifying Data Center Criticality / Tier Levels, *American Power Conversion*. www.lamdahellix.com/%5CUserFiles%5CFile%5Cdownloads%5C122_whitepaper.pdf
- Barros, A. (2010). ¿Nuestra Infraestructura crítica TIC no está a la altura?, En www.alejandrobarrros.com
- Barros, A., (1997). *Cambio de Milenio, el mayor desafío a la computación e informática*. Santiago: Pehuén.
- Barros, A. (2010). Sitios Web de Gobierno: ¿Qué tanto aportaron en esta catástrofe? En www.alejandrobarrros.com
- Carreras, I. Navarrete, Pablo (2010). *Is an 8.8 quake more deadly than a 7.3 quake?* London School of Economics and Political Science. Recuperado en <http://www.slideshare.net/ceppdi/terremotos-en-haiti-chile-comparacin-de-impactos>
- Dawes, S. S. Birkland, T. Kumar Tayi, G. and Schneider, C. (2004). *Information, Technology, and Coordination: Lessons from World Trade Center Response*, Center for Tecnology in Goverment, <http://www.ctg.albany.edu>
- De Leo, Michael, Aspectos Tecnicos de los IXPs presentados en Seminario Taller *Puntos de Intercambio de Tráfico (IXP)*, julio de 2007.
- Luijff, E., Burger, H., Klaver, M., Critical Insfraestructure Protection in the Nehterlands: A Quick –Scan, en *ICAR 2003 Conference Best Paper Proceedings*. Denmark: Urs E. Gattiker.
- Piquer, J.M., Barros, T. (2010). Expertos de NIC Chile critican la situación que sufrió Internet durante el terremoto. *Boletín Informativo Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, Universidad de Chile. Encontrado en <http://ing.uchile.cl/boletin/noticia.php?id=14511>
- Saavedra, P. (2010). Cómo lograr que Chile sea un actor en la sociedad de la información. En www.paulosaveedra.cl
- Stark, J.I. (2010, 16 de marzo). El día en que la tecnología apagó a Chile. *En diario electrónico El Mostrador*: <http://www.elmostrador.cl/vida-en-linea/2010/03/16/el-dia-en-que-la-tecnologia-apago-a-chile/>
- Subtel. Normativa Técnica Internet. http://www.subtel.cl/prontus_subtel/site/artic/20070102/pags/20070102180725.html
- The Blackout history Project. Revisado el 10 abril 2010. <http://blackout.gmu.edu/events/tl1977.html>
- WantToKnow.info. Revisado el 10 abril 2010. <http://www.wanttoknow.info/femafailureskatrina>

Alejandro Barros es Licenciado en Ciencias de la Ingeniería mención Computación. / Master en Ciencias mención Computación de la Universidad de Chile. / Presidente Ejecutivo de e.nable. / Director de la Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información (ACTI). / Académico del Centro de Sistemas Públicos, Escuela de Ingeniería, Universidad de Chile.