

Estrategia de Monitoreo y Control de la Calidad de Servicio brindado por un ISP: Un Caso Aplicado

Nerea Waiman², María Fernanda Papa¹, Ricardo Furch^{1,2}, and Luis Olsina¹

¹ UNLPam, General Pico, La Pampa, Argentina
{pmfer,olsinal}@ing.unlpam.edu.ar

² Aguas del Colorado S.A.P.E.M., Santa Rosa, La Pampa, Argentina
{nereawaiman,ricardo.furch}@gmail.com

Abstract. Los Proveedores de Servicio de Internet (ISP) están cada vez más atentos a la Calidad del Servicio ofrecido como elemento distintivo ante sus competidores. Este trabajo surge ante la necesidad de Aguas del Colorado S.A.P.E.M. -un ISP del estado que brinda servicio al 90% de la provincia de La Pampa- de contar con un sistema de alarmas que, a partir de una estrategia de medición, evaluación, monitoreo y control interprete los datos brindados por su herramienta de monitoreo de red referidos a la disponibilidad del servicio y performance de sus proveedores. La rápida interpretación de la situación actual y la solución de incidentes antes de que aparezcan los reclamos del cliente permiten minimizar las consecuencias de los incidentes y garantizar mayor calidad del servicio brindado.

Keywords: Calidad de Servicio · Proveedores de servicios de internet · Disponibilidad · Performance.

1 Introducción

El acceso a Internet es proveído por una red de miles de ISPs (Internet Service Providers) interconectados en todo el mundo. Un ISP es una organización que brinda servicios de telecomunicaciones, incluyendo el acceso a la comunicación de datos y la conexión telefónica, etc. Estas organizaciones compiten unas con otras por los clientes y el tráfico, pero a su vez, deben cooperar e intercambiar tráfico para que la conectividad del mundo no se pierda [2].

La forma de competir y diferenciarse en el mercado que posee un ISP es ofreciendo un servicio de calidad a un costo razonable. Esto se logra operando eficientemente sus redes y controlando los niveles de calidad de su servicio [2]. Sin embargo, controlar la calidad no es sencillo cuando existen numerosos factores internos y externos que la afectan. Por ejemplo, la disponibilidad de la red, la interferencia entre nodos, la capacidad de los canales, el acceso lento a los sitios web, servidores con capacidad limitada, hardware ineficiente en el cliente,

demoras en el servicio provisto por el ISP en el otro extremo o factores climáticos que inactivan recursos [1,3].

Independientemente de dichos factores, la mayoría de los clientes juzgan el servicio contratado por su experiencia al interactuar con la web sin entender que su ISP actuó como front-end y que su solicitud involucra el servicio de otros ISPs. Esto hace que el servicio brindado por un ISP sea una tarea difícil, ya que no tiene el control total sobre ella, pero es completamente responsable por llevarla a cabo [1]. Siendo aun mas difícil proveer garantías de un servicio en el cual no tiene control.

En este contexto, se torna relevante el SLA (Service Level Agreement) que es un documento legal entre un ISP y su cliente que define las características del servicio contratado y los compromisos de calidad esperados, garantizando un nivel de rendimiento y confiabilidad a cierto costo [5]. Al quedar pactadas y registradas de mutuo acuerdo las métricas e indicadores con sus niveles de aceptabilidad, las responsabilidades y las expectativas sobre el servicio, ninguna de las partes podrá alegar ignorancia en caso de que ocurra algún problema. De este modo, el incumplimiento en alguna de sus clausulas habilita al cliente a solicitar una compensación calculada en función del la infracción incurrida, y por el otro, ayudará al ISP a priorizar oportunidades de mejora del servicio, diferenciar su servicio del resto y prosperar en un mercado competitivo [6].

No obstante, cualquier acuerdo es infructuoso si el servicio no se mide y se reporta de manera precisa. En consecuencia, los ISP generalmente utilizan herramientas de monitoreo de su infraestructura y herramientas de gestión de SLA. Mientras que las primeras ayudan a hacer frente a los inconvenientes que genera la degradación del servicio, las segundas, ayudan a anticipar posibles incumplimientos de los servicios pactados.

Aguas del Colorado S.A.P.E.M. (ADC) es una empresa creada en el año 2006 por el Gobierno de la Provincia de La Pampa (www.adc.net.ar). Está a cargo de la distribución de agua para consumo humano y ganadero a través de más de 900 km de acueductos distribuidos en el territorio Pampeano y, a través de su área de Telecomunicaciones, provee conectividad por medio de una red de fibra óptica. Cuenta con una gran infraestructura de red que se extiende a lo largo de 1800km, llega a 51 localidades y logra una cobertura del 90% de la población pampaneana. La red está compuesta por más de 150 equipos de networking entre los que se destacan 10 nodos primarios totalmente equipados para ofrecer una alta disponibilidad. Dichos nodos se encuentran automatizados en lo que hace a provisión de energía alternativa, sistemas de enfriamiento y seguridad. Todos los sistemas asociados al monitoreo y supervisión de infraestructura han sido diseñados y desarrollados por la empresa a fin de poder compatibilizar los diversos subsistemas involucrados.

A pesar de la eficiencia del sistema de monitoreo en el registro de datos referentes a la disponibilidad del servicio y la performance de sus proveedores, el análisis de estos datos se realiza de manera manual mediante la observación de gráficas. Al no contar con un sistema de alarmas que detecte en tiempo real incidentes, las soluciones a estos inconvenientes muchas veces se demora con la

consecuente degradación del servicio. A partir de esta problemática se detectó la necesidad de utilizar una estrategia de monitoreo y control que mediante la evaluación de los datos brindados por el sistema de monitoreo ADC detecte de manera temprana problemas asociados a disponibilidad y performance. Así mismo está previsto el desarrollo de un prototipo de un sistema de alarmas que refleje el resultado obtenido en la evaluación y ayude a solucionar incidentes antes de que aparezcan los reclamos del cliente, minimizando así sus consecuencias y garantizando mayor calidad en su servicio.

En este sentido las contribuciones de este artículo son:

1. El diseño de la medición, evaluación y análisis (ME&A) de los datos monitoreados a partir del proceso especificado en la estrategia GOCAMEMC (Goal-Oriented Context-Aware Measurement, Evaluation, Monitoring and Control) [10] para los atributos disponibilidad del servicio y performance de proveedores.
2. El desarrollo de un prototipo de un sistema de alarmas basado en los datos obtenidos a partir de la estrategia GOCAMEMC.
3. La presentación de un caso de estudio que ejemplifique su instanciación en ADC. Este ejemplo se puede extrapolar a otros ISP con solo el trabajo adicional de procesar los datos según lo requerido en el cálculo de la disponibilidad y performance.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta los trabajos relacionados, la Sección 3 introduce los métodos utilizados tanto en el diseño de la ME&A como en el desarrollo del prototipo. La Sección 4 especifica el diseño de la ME&A que será implementada por medio del prototipo del sistema de alarmas desarrollado en la Sección 5. En la Sección 6 presenta el caso de estudio llevado a cabo en ADC y se discuten los resultados. Finalmente, en la Sección 7 se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

2 Trabajos Relacionados

Para garantizar la calidad de sus prestaciones y el cumplimiento de lo pactado con sus clientes, las empresas deben primero monitorear su servicio y posteriormente interpretar los datos monitoreados a partir de las pautas presentes en el SLA de cada cliente. En la actualidad existen en el mercado muchos sistemas de monitoreo de red, como por ejemplo:

- PandoraFMS (<https://blog.pandorafms.org>) que posee un amplio kit de utilidades como gestión de redes, autenticación, VPN, analizadores de protocolos, filtros, etc.
- Nagios (www.nagios.org) que monitorea la red para detectar problemas causados por enlaces de datos sobrecargados o conexiones de red, así como para monitorear enrutadores, conmutadores y más.
- Zabbix (www.zabbix.com) que posee monitoreo continuo de todas las áreas que van desde la topología de red y enrutamiento hasta el hardware del servidor sin dejar de lado los procesos y las copias de seguridad.

4 N. Waiman et al.

- Zenoss (www.zenoss.com) que permite monitorear todas las redes físicas y virtuales como parte de un modelo en tiempo real que incluye la nube e infraestructura local.

Si bien estos sistemas son muy potentes, no cuentan con un soporte eficiente al momento de monitorear los atributos de disponibilidad del servicio y performance de los proveedores. Además, el sistema de gestión de alarmas que poseen no suele ser flexible en cuanto al contenido y está acotado a determinadas funciones.

En un nivel superior de abstracción están los sistemas de gestión de SLA (conocidos como SLAM), que son herramientas que permiten administrar los SLAs en todo su ciclo de vida, esto es, desde su creación hasta su baja. Para monitorear el cumplimiento de los SLAs se utilizan los datos recolectados por los sistemas de monitoreo. Como en el caso anterior, existen una gran cantidad de proveedores de estos sistemas, entre los que se puede mencionar:

- *EMA Enterprise Management Associates* ofrece su producto Oblicore Guarantee que analiza el rendimiento del servicio en el contexto comercial examinando el impacto de qué tan bien o mal se desempeña la empresa en relación con los acuerdos contractuales. Más información disponible en <https://bit.ly/2WmGzZA>.
- *Tevron* ofrece su producto CitraTest APM que proporciona informes de nivel de servicio para monitorear el cumplimiento del acuerdo de nivel de servicio. Más información disponible en <https://bit.ly/39fFV0c>.
- *Comarch* ofrece su producto Comarch SLA Monitoring que permite que los operadores de telecomunicaciones definan y controlen los servicios y los SLAs relacionados. Más información disponible en <https://bit.ly/33H3jCC>.
- *ManageEngine* ofrece el producto ServiceDesk Plus que posee un componente denominado Catálogo de servicios el cual permite configurar SLAs, tareas y notificaciones con alarmas automáticas. Más información disponible en <https://bit.ly/3bmoXyB>.
- *DataDog* es un servicio que proporciona monitorización de servidores, bases de datos, herramientas y servicios, a través de una plataforma de análisis de datos basada en el concepto de ‘Software como Servicio’. Más información disponible en <https://bit.ly/2XpWSBb>.
- *Gestar ITIL* con su producto Gestar Contratos ayuda a ordenar y controlar el proceso de gestión de contratos permitiendo mejorar la relación con clientes y proveedores, fortalecer el cumplimiento de políticas internas y externas, controlar vencimientos y obtener un mayor grado de confidencialidad y privacidad en la información relacionada a sus contratos con clientes internos, externos y proveedores. Más información disponible en <https://bit.ly/3eee9Ej>.

Estos sistemas son propietarios, complejos, deben ser parametrizados con mucho cuidado e incluyen una infinidad de herramientas adicionales. Incluso muchos de ellos involucran la facturación por los servicios brindados.

ADC posee un sistema de monitorización implementado a medida que cumple con las necesidades de la empresa y un SLAM que les ayuda con la administración de los SLAs. Sin embargo ADC, detectó la necesidad de contar con un sistema de alarmas que a partir de los datos monitoreados de la disponibilidad del servicio y la performance de sus proveedores asista a los técnicos en la interpretación de las gráficas por medio de indicadores y de este modo solucionar incidentes antes de que aparezcan los reclamos del cliente. Cumpliendo con la política de desarrollo de la empresa se decidió no buscar un producto externo, sino desarrollarlo a medida para que contemple las situaciones particulares de la empresa, que se adapte 100% a su forma de trabajo y ante la necesidad de un cambio en el sistema contar con la posibilidad de su modificación.

3 Metodología Utilizada

El trabajo involucra dos etapas, una de diseño y otra de desarrollo. En la primera etapa se diseñó la ME&A siguiendo el proceso propuesto por la estrategia GOCAMEMC [10], luego en la segunda etapa, se utilizó la metodología RAD (Rapid Application Development) [8] para el desarrollo de un prototipo de un sistema de alarmas que implementó la ME&A diseñada en la etapa anterior.

3.1 Estrategia GOCAMEMC

GOCAMEMC es una estrategia de medición, evaluación, monitoreo y control que forma parte de la familia de estrategias del Enfoque Holístico de Calidad Multinivel y Multipropósito [13]. Es una estrategia integrada, orientada a metas, sensible al contexto y centrada en la necesidad de información organizacional que brinda soporte a metas con el propósito de ‘monitorear y controlar’ incluidas en la categoría de propósito ‘controlar y cambiar’. Se considera integrada porque define simultáneamente tres capacidades, a saber:

1. Un proceso definido formalmente desde distintas perspectivas que indica qué hacer y en qué orden, garantizando que los resultados serán reproducibles y comparables (ver Figura 1).
2. Un marco metodológico que indica cómo implementar cada actividad del proceso. Por ejemplo, a partir de la especificación de plantillas de métricas e indicadores propone métodos de medición y evaluación, entre otros.
3. Un marco conceptual apoyado en las ontologías de ‘medición y evaluación’ [11] que promueve la uniformidad y consistencia en los términos utilizados en las capacidades anteriores, permitiendo no sólo la especificación de los metadatos necesarios para que los resultados sean consistentes y no ambiguos, sino también, evitando imprecisiones al comunicarlos o analizarlos.

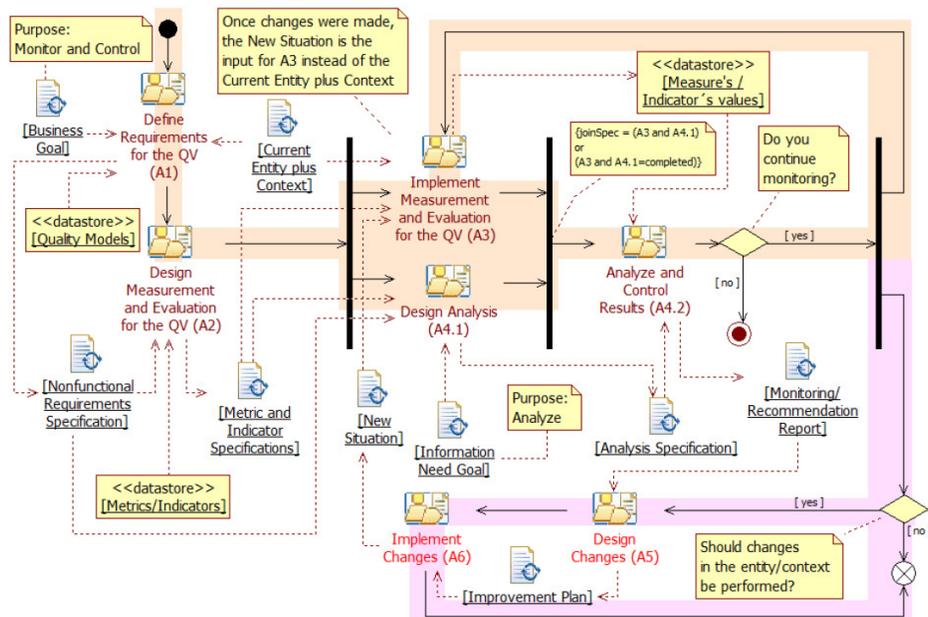


Fig.1: Proceso genérico de GOCAMEMC definido desde las perspectivas funcional y de comportamiento especificado en SPEM [14].

3.2 Metodología RAD

La metodología RAD es una metodología ágil de desarrollo que prioriza el prototipado rápido, la interacción con el usuario y la utilización de herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering). Considera al prototipo como un modelo de trabajo que equivale funcionalmente a un componente del producto. Por lo tanto, desarrolla en paralelo varios prototipos que son integrados para conformar el producto completo. Generalmente, el equipo de trabajo esta compuesto por un grupo reducido de desarrolladores, expertos en el dominio y clientes, todos trabajando a favor de la construcción del prototipo.

Algunas de las ventajas que promueve son menor impacto ante cambios de los requisitos; medición del progreso; mayor productividad en menos tiempo con pocos involucrados; iteraciones cortas debido al uso de herramientas automatizadas; reutilización de componentes. RAD realiza una serie de ciclos de desarrollo cortos e iterativos incrementales, que poseen las siguientes fases:

1. El *modelado de negocios* es diseñado en función del flujo de información y su distribución entre los distintos canales del negocio. Se analiza cuál es la información vital del negocio, cómo se obtiene, cómo y cuándo se procesa y cuáles son los factores que intervienen en su flujo.
2. El *modelado de datos* surge a partir del análisis del modelo de negocios, identifica y define el conjunto de objetos esenciales, sus atributos y relaciones.

3. El *modelo de procesos* trabaja con el conjunto de objetos (modelo de datos) con la finalidad de establecer el flujo de información necesaria para alcanzar los objetivos del negocio (modelo de negocios).
4. La generación de aplicaciones se realiza utilizando herramientas automáticas que convierten los modelos de datos y proceso en un prototipo.
5. El testing del prototipo es realizado en en cada iteración, reduciendo el tiempo de testeo final y el riesgo de problemas importantes.

4 Diseño de la Medición, Evaluación y Análisis a partir de GOCAMEMC

En esta sección se diseña la ME&A que serán utilizadas para cubrir los requerimientos determinados por ADC, que luego serán implementados en el sistema de alarmas. Para su descripción se seguirán las actividades A1, A2 y A4.1 propuestas por la estrategia GOCAMEMC en su fase de diseño (Figura 1).

La actividad *A1. Definir los Requisitos no Funcionales para la Vista de Calidad* fue realizada junto con el personal de ADC obteniendo como resultado la Especificación de los Requisitos no Funcionales. En dicha especificación se documentó la necesidad de información, cuyo propósito es monitorear y controlar la Calidad del Servicio ofrecido por ADC, desde el punto de vista del personal técnico. También se establecieron cinco categorías de entidades a evaluar: Cliente, Proveedor, Proveedor/Sitio web, Sitio proveído, Sitio proveído/Proveedor.

Para cada una de estas categorías se especificó el foco en la Calidad del Servicio, su contexto y las características/atributos involucrados. La Calidad del Servicio fue definida como ‘el grado en que el servicio satisface los requerimientos establecidos por sus usuarios cuando es usado bajo condiciones específicas’.

A modo de ejemplo, para la categoría de entidad Cliente el contexto se especificó a partir de la propiedad de contexto tipo de cliente cuyo valor se estableció en clientes de internet. En este tipo de clientes se encuentran cooperativas, empresas privadas proveedoras de internet, entre otras. En general, son clientes que contratan más ancho de banda y se les monitorea más tráfico. En la Tabla 1.a) se muestra el árbol de requisitos conformado por el foco junto con la característica y atributo a evaluar. Los elementos involucrados en el árbol de requisitos se definieron de la siguiente manera: La subcaracterística *Confiable* es ‘el grado en que el servicio realiza las funciones establecidas, cuando es requerido en un periodo de tiempo determinado, bajo condiciones específicas’; y el atributo *Disponibilidad* es ‘el grado en que el servicio está operativo y accesible cuando es requerido para su uso’.

La Tabla 1 muestra todos los árboles de requisitos de las categorías de entidades enunciadas antes. Las definiciones de las características y subcaracterísticas fueron confeccionadas teniendo en cuenta las definiciones provistas por la ISO 25010 [4]. En tanto que los atributos fueron definidos totalmente por los autores del presente trabajo (Tabla 2). La Especificación de los Requisitos no Funcionales se encuentra disponible en <https://bit.ly/2AFty2j>.

Table 1: Árboles de requisitos para evaluar la Calidad del Servicio en las distintas Categorías de Entidad. En *itálica* se especifican los atributos.

(a)	(b)	(c)
<i>Cliente</i>	<i>Proveedor</i>	<i>Sitio proveído</i>
1.Calidad de Servicio 1.1.Confiabilidad <i>1.1.1.Disponibilidad</i>	1.Calidad de Servicio 1.Eficiencia <i>1.1.1.Latencia global de acceso</i>	1.Calidad de Servicio 1.Eficiencia <i>1.1.1.Performance global de descarga</i>
(d)	(e)	
<i>Proveedor/Sitio web</i>	<i>Sitio proveído/Proveedor</i>	
1.Calidad de Servicio 1.Eficiencia <i>1.1.1.Latencia de acceso al sitio proveído</i>	1.Calidad de Servicio 1.Eficiencia <i>1.1.1.Performance de descarga del proveedor</i>	

Table 2: Definición de los atributos utilizados para evaluar la Calidad del Servicio.

Atributo	Definición
<i>Disponibilidad</i>	El grado en que el servicio está operativo y accesible cuando es requerido para su uso.
<i>Latencia global de acceso</i>	El grado en que el retardo temporal de acceso por parte del proveedor a distintos sitios es mayor a la establecida.
<i>Performance global de descarga</i>	El grado en que el rendimiento de distintos proveedores para realizar la descarga de un sitio proveído es mayor a lo establecido.
<i>Performance de descarga del proveedor</i>	El grado en que el rendimiento del proveedor para realizar la descarga de un sitio proveído es mayor a lo establecido.
<i>Latencia de acceso al sitio proveído</i>	El grado en que el retardo temporal de acceso por parte del proveedor a un sitio proveído es mayor a lo establecido.

La actividad *A2. Diseñar la Medición y la Evaluación para la Vista de Calidad* fue la segunda en ejecutarse. Se comenzó definiendo las métricas que cuantifican los atributos, es decir, Diseñando la Medición. Como resultado se obtuvo la Especificación de Métricas que indica para cada atributo cómo se mide. Por ejemplo, para el atributo *Disponibilidad* perteneciente a la categoría de entidad *Cliente* se definieron dos métricas que lo cuantifican. Una denominada Porcentaje de disponibilidad diaria del servicio (PDDS) y la otra Porcentaje de disponibilidad trimestral del servicio (PDTS). En la Tabla 3 se muestra la especificación de la primera.

Como se puede apreciar en la Tabla 3 la métrica Porcentaje de disponibilidad diaria del servicio (PDDS) es una métrica indirecta por lo cual se requiere de la aplicación de dos métricas directas para su cálculo, a saber: Instante inicial del corte del servicio (IICS) e Instante de reanudación del servicio (IRS). A modo de ejemplo de una métrica directa, en la Tabla 4 se presenta la especificación de IICS. La métrica IRS es similar a la planteada en IRICS sólo que registra cuando se reanuda el servicio e invoca a Determinar IICS. De este modo se fueron definiendo las métricas de los cuatro atributos restantes quedando documentadas en la Especificación de Métricas (disponible en <https://bit.ly/2AFty2j>) un total de 11 métricas, de las cuales 9 son indirectas y 2 directas.

Table 3: Métrica Indirecta que cuantifica al atributo *Disponibilidad*.

Métrica indirecta:	
Atributo: Disponibilidad	
Código: MI 1	
Nombre: Porcentaje de disponibilidad diaria del servicio (PDDS)	
Objetivo: Determinar el porcentaje de disponibilidad diaria del servicio.	
Autor: Nerea Waiman	Versión: 1.0
Procedimiento de cálculo:	
Nombre: Determinación del PDDS	
Fórmula:	
$PDDS = 100 - \left(\frac{\sum_{j=1}^n IRS_j - IICS_j}{CSxD} \times 100 \right)$	
donde CSxD es igual a 86400 y representa la cantidad de segundos en un día.	
Escala numérica:	
Representación: Continua	Tipo de valor: Real
Tipo de escala: Proporción	
Nombre de unidad: Porcentaje	Acrónimo: %
Métricas relacionadas:	
Instante inicial del corte del servicio (IICS)	
Instante de reanudación del servicio (IRS)	

Table 4: Métrica Directa necesaria para cuantificar el atributo *Disponibilidad*.

Métrica directa:	
Atributo: Disponibilidad	
Código: MD 3	
Nombre: Instante inicial del corte del servicio (IICS)	
Objetivo: Determinar la hora, el minuto y el segundo en el que se produce un corte del servicio	
Comentario: Se considera que se produce un corte en el servicio cuando el valor sentido de descarga es menor a un valor determinado, denominado flag.	
Autor: Nerea Waiman	Versión: 1.0
Procedimiento de medición:	
Nombre: Determinación del IICS	
Especificación:	
VSD=0; //VSD es el valor sentido de descarga	
IICS[]=0; // Es un vector que almacenará los instantes iniciales del corte de servicio	
j=0; //posición donde se almacena el valor	
while(inicio del día!= instante seleccionado){	
VSD= valor sentido;	
if(VSD <= flag) then	
IICS[j]= Time;	
j++;	
do Determinación de IRS //cambia a la medición de Fin del corte del servicio	
end if;	
}	
return IICS;	
Escala numérica:	
Representación: Continua	Tipo de valor: Real
Tipo de escala: Absoluto	
Nombre de unidad: hora/minutos/segundos	Acrónimo: hs/min/seg

A continuación, se comenzó con el Diseño de la Evaluación obteniendo como resultado la Especificación de Indicadores (disponible en <https://bit.ly/2AFty2j>). La necesidad de definir indicadores surge a raíz de que los valores medidos no representan el nivel de satisfacción alcanzado para un atributo, por lo tanto es necesario transformar el valor medido en un valor de indicador, el cual pueda ser interpretado a partir de un criterio de decisión. Para este caso particular es necesario especificar sólo los indicadores elementales para cada uno de los atributos monitoreados. A modo de ejemplo, en la Tabla 5 se presenta el indicador para el atributo *Disponibilidad* para la versión de Disponibilidad diaria. Notar que para cada atributo se especifican sus propios rangos de aceptabilidad, pero todos comparten la misma interpretación, a saber:

- **Verde:** “apropiado” indica una calidad satisfactoria del atributo analizado.
- **Amarillo:** “marginal” indica una necesidad de acciones de mejora que deben diseñarse e implementarse con una prioridad media.
- **Rojo:** “desfavorable” indica que acciones de cambio deben diseñarse e implementarse con alta prioridad.

Table 5: Indicador elemental para el atributo *Disponibilidad Diaria*.

Indicador elemental:	
Atributo: Disponibilidad Diaria	
Nombre: Nivel de satisfacción de la disponibilidad diaria (NS_DD)	
Objetivo: Determinar el nivel de satisfacción alcanzado.	
Autor: Nerea Waiman	Versión: 1.0
Método de cálculo:	
Nombre: Determinación de NS_DD	
Especificación: Aplicar el modelo elemental relacionado	
Modelo elemental:	Nombre: Modelo elemental NS_DD
Especificación: NS_DD = PDDS	
Criterios de decisión:	
Apropiado:	$90\% \leq NS_DD \leq 100\%$
Marginal:	$50\% \leq NS_DD < 90\%$
Desfavorable:	$0\% \leq NS_DD < 50\%$
Escala numérica:	
Representación: Continua	Tipo de valor: Real
Tipo de escala: Proporción	
Nombre de unidad: Porcentaje	Acrónimo: %

Para finalizar con el diseño se debe implementar la actividad *A4.1. Diseñar el análisis*. Se determinaron dos grupo de atributos para realizar el análisis. Por un lado, en los atributos *Disponibilidad*, *Latencia global de acceso* y *Performance global de descarga* se presentará una gráfica de los valores monitoreados en el período evaluado junto con el valor del indicador y una señal visual que interpreta dicho valor. En cambio, para los atributos *Latencia de acceso al sitio proveído* y *Performance de descarga del proveedor* sólo se presentará el valor del indicador y su representación visual. También, se determinó que ante la detección de valores

en rangos amarillos y rojos se de una señal de alarma para que el técnico pueda llevar a cabo los cambios necesarios antes de que el inconveniente afecte la Calidad del Servicio brindado por ADC.

5 Desarrollo del Prototipo

En esta sección se contará brevemente las actividades realizadas y las herramientas utilizadas para construir el prototipo del sistema de alarma. Para su desarrollo se ejecutaron tanto etapas del ciclo de vida del prototipo como de la metodología RAD, generando un ciclo de vida híbrido y adaptado a las necesidades propias de este desarrollo.

En la primera etapa denominada ‘Identificación de requerimientos conocidos’, junto con el personal de ADC se determinaron los requerimientos funcionales. Esto es, el prototipo del sistema de alarmas permitirá:

- la implementación de la medición teniendo en cuenta las métricas especificadas.
- la implementación de la evaluación teniendo en cuenta los indicadores especificados.
- la implementación del análisis de los datos evaluados.
- el envío de un email al técnico cuando determina situaciones anómalas.
- la generación de gráficos e indicadores visuales de fácil interpretación.
- la generación de notificaciones de error.

La especificación de métricas e indicadores producida en la actividad A2 de GOCAMEMC se utilizó como otra fuente de requerimientos funcionales ya que indica cómo implementar la M&E dentro del sistema de alarmas. También, en esta etapa se realizó la elección de las tecnologías a utilizar teniendo en cuenta que el prototipo tendrá que integrarse a la familia de sistemas de ADC. Por lo tanto, se desarrolló en un entorno Windows, con una base de datos MySQL y Python como lenguaje de programación.

Posteriormente, se siguió con la etapa de ‘Desarrollar un modelo de trabajo’ para lo cual se generó un cronograma con las actividades a desarrollar y el tiempo estimado de cada una de ellas.

Se continuó con la etapa de ‘Modelo de Datos’ donde se realizaron los diagramas de clases correspondientes a la vista de Servicios, de Proveedores y Sitios Web. Para su confección se utilizó la herramienta Modelio [9], mientras que para la diagramación de la base de datos se empleó la herramienta MySQL Workbench [12].

En la etapa de ‘Generación de aplicaciones’, se trabajó con los módulos de Python tales como *mysql connector* para la conexión con la base de datos; *miniconda* para el correcto funcionamiento de los paquetes de librerías de Python en Windows; *PyQt5* para diseñar y ejecutar la interfaz gráfica, entre otros. La herramienta Sublime Text 3 [7] se empleó como IDE para programar en Python. De este modo se obtuvo la primera versión del prototipo del sistema de alarmas.

12 N. Waiman et al.

Después, se realizó la etapa de ‘Prueba de entrega de aplicaciones’, en donde los usuarios testearon el prototipo del sistema de alarmas. De esta manera, se verificó el correcto funcionamiento de todos sus componentes. Para comprobar el manejo y la integración del sistema se completó la base de datos con datos de prueba.

Por último, se efectuó la etapa ‘Refinamiento del prototipo’ donde se realizaron los cambios necesarios que se obtuvieron en la etapa anterior. Luego, al ejecutar los cambios se volvió a realizar la etapa de evaluación para seguir refinando el prototipo, hasta que estuvo terminado. La Figura 2 muestra la pantalla principal del sistema.

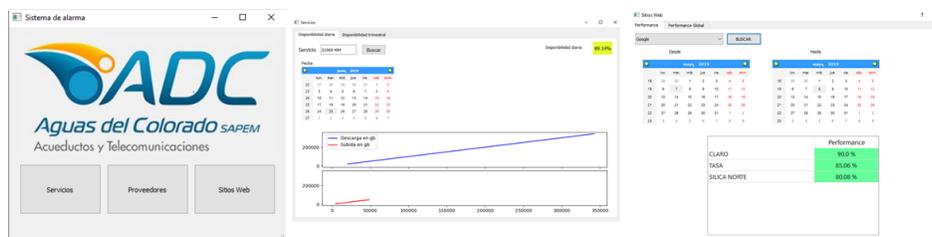


Fig. 2: Pantallas del sistema de alarmas desarrollado.

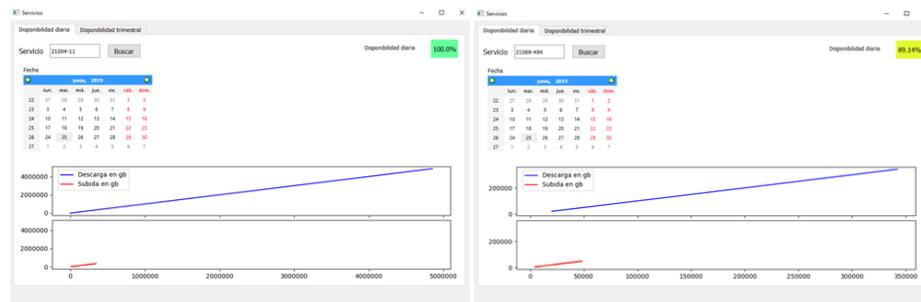
6 Implementación de la Medición, Evaluación y Análisis a partir del Prototipo del Sistema de Alarmas

En esta sección se documenta cómo se lleva a cabo la etapa de implementación de la ME&A propuesta por GOCAMEMC a partir de los datos provistos por ADC y el prototipo del sistema de alarmas desarrollado. Las actividades A3 y A4.2 (recordar Figura 1) son llevadas a cabo de manera automática por el sistema de alarma mientras que las actividades A5 y A6 son ejecutadas por el técnico o el personal de redes.

Cabe aclarar que para presentar los resultados de esta sección los datos utilizados por el sistema de alarma fueron los históricos. La base de datos contiene información provista por ADC de 2 empresas, 3 proveedores y 3 sitios web en el período que abarca del 01/04/2019 al 22/08/2019. Esto se debe a que el proyecto se realizó de manera local y como los archivos provistos por ADC son de gran tamaño por contener millones de registros, se tuvo que tener en cuenta la limitante de espacio en memoria y del procesamiento de los datos. Cuando se implemente el prototipo del sistema de alarmas en ADC dicha limitación desaparecerá porque la empresa posee servidores dedicados para el almacenamiento de datos con soporte de Big Data.

Para el caso del atributo de *Disponibilidad* se evaluaron el día 25/06/2019 dos entidades pertenecientes a la categoría Cliente. En la Figura 3a se muestra

el valor de indicador obtenido a partir de la métrica Disponibilidad diaria para la primera empresa analizada, la cual es una cooperativa que contrata 857Mb identificada bajo el número de servicio 21004-11. Para obtener el valor del indicador se calculó primero el valor medido (PDDS) a partir de lo especificado en la métrica de la Tabla 3 y el valor de indicador NS_DD se obtuvo directamente ya que particularmente para este caso no es necesaria transformación (Tabla 5). En este caso NS_DD obtuvo un valor de 100% por lo cual su indicador está en verde. Y no existe necesidad de dar aviso de alarma al técnico. En cambio para la segunda empresa, una empresa privada que contrata 15Mb identificada por el número 21069-494, el valor de indicador obtenido fue de 89.14% y en consecuencia su indicador esta en amarillo (ver Figura 3b). En este caso, se activa el sistema de alarmas enviando un email al técnico para que comience con las actividades de diseño e implementación de los cambios (A5 y A6 según la Figura 1).



(a) Servicio 21004-11

(b) Servicio 21069-494

Fig. 3: Atributo *Disponibilidad diaria*.

Para el caso del atributo de *Disponibilidad* pero obtenida a partir de la métrica Disponibilidad trimestral se alcanzaron los valores de indicadores de 99,83% para el servicio 21004-11 y de 99,85% para el servicio 21069-494. Notar que si bien el 25/06/2019 el servicio 21069-494 estuvo aproximadamente 2 horas cortado (89.14% de disponibilidad) esto no se prolongó en el tiempo ya que la disponibilidad trimestral dio un valor con indicador verde que se encuentra en el rango apropiado que esta especificado en $97\% < NS_DT \leq 100\%$. En este caso no se activa ningún aviso de alarma.

Cabe destacar que una detección de tráfico por debajo del umbral puede no deberse a una falla en la red monitoreada de ADC, sino en la red del cliente. Esta situación no es detectada por las métricas diseñadas, ya que al día de hoy no existen mecanismos para descubrir la ‘caída’ fehaciente de un cliente atribuible a su red. Esto es importante desde el punto de vista de los SLAs porque exime a la empresa de la responsabilidad de resarcir a su cliente. Esta

problemática que plantea desafíos mayores a los actuales podría ser objeto de futuras investigaciones.

Para el atributo *Latencia global de acceso* se evaluaron los proveedores Claro, Silica Norte y Telefónica durante el mes de abril de 2019. El procedimiento de M&E es similar al caso anterior, siguiendo lo especificado en el documento de Especificación de Métricas e Indicadores, pero en este caso los niveles de aceptabilidad son los siguientes: $0\% \leq NS_LGA \leq 50\%$, $50\% < NS_LGA \leq 90\%$, $90\% < NS_LGA \leq 100\%$, ya que la *Latencia global de acceso* fue definida como ‘el grado en que el retardo temporal de acceso por parte del proveedor a un sitio proveído es mayor a lo establecido’ por lo que se espera valores menores o iguales a 50%. Los valores obtenidos fueron todos apropiados, siendo de 20,57% para Claro, 13,71% para Silica Norte y de 17,57% para Telefónica. Concluyendo que Silica Norte fue el proveedor que menor retardo tuvo en el mes de abril.

Para el atributo *Latencia de acceso al sitio proveído* se evaluaron el día 05/04/2019 los sitios AFIP (www.afip.gob.ar), CNN (<https://edition.cnn.com>) y GOOGLE (www.google.com.ar) para cada uno de los proveedores mencionados antes. La Figura 4 muestra una porción de la pantalla del prototipo del sistema de alarma donde se exponen los resultados, los cuales se encuentran con un valor apropiado dado que están entre $0\% \leq NS_ASP \leq 30\%$. Este caso es un ejemplo donde los valores medidos requieren una transformación para obtener el valor del indicador. La especificación del modelo elemental indica que $NS_ASP = \%Malo + \%Intermedio$, donde %Malo e %Intermedio son los valores medidos. Como información adicional, se desprende que los distintos proveedores funcionaron correctamente ese día y que Telefónica tuvo un retardo temporal de acceso a los distintos sitios siempre menor que el resto de los proveedores.

CLARO		SILICA NORTE		TASA	
	Latencia		Latencia		Latencia
AFIP	10.0 %	AFIP	10.0 %	AFIP	6.73 %
CNN	15.0 %	CNN	15.0 %	CNN	12.6 %
Google	20.0 %	Google	25.0 %	Google	18.07 %

(a) Claro (b) Silica Norte (c) Telefónica

Fig. 4: Atributo *Latencia de acceso al sitio proveído*.

El 07/05/2019 se evaluó el atributo *Performance de descarga del proveedor*, a diferencia del atributo anterior acá se evaluó la performance de un sitio en los distintos proveedores. La Figura 5 muestra los valores obtenidos, los cuales se encuentran todos con indicador visual de apropiado. Esto significa que todos los sitios funcionaban correctamente ese día, sin embargo, se puede ver que tanto

el sitio de CNN como el de GOOGLE poseen una variabilidad 10 y 9,92 en su performance de descarga según el proveedor utilizado, respectivamente.

Analizando los valores de los dos últimos atributos en conjunto, es decir *Latencia de acceso al sitio proveído* y *Performance de descarga del proveedor*, se puede determinar el mal funcionamiento de un proveedor o de un sitio web. Por ejemplo, si la *Latencia de acceso al sitio proveído* para los tres sitios evaluados en un mismo proveedor estuvieran en un nivel de satisfacción **marginal** o **desfavorable** significaría que existe un inconveniente con el proveedor, el cual puede ser degradación, saturación e incluso corte del servicio. En este caso el técnico deberá rápidamente redirigir el tráfico hacia los proveedores que estén funcionando y contactarse con el proveedor para generar un reclamo exigiendo una pronta solución del problema. En cambio si la *Performance de descarga del sitio proveído*, por ejemplo AFIP es **marginal** o **desfavorable** para todos los proveedores significa que el sitio es el que tiene problemas. Aquí, el técnico debe estar atento a los reclamos para indicar al cliente que el problema es ajeno a ADC. Si bien se presentaron los casos extremos se pueden dar distintas combinaciones de situaciones. El prototipo del sistema de alarmas a partir de su mecanismo de alarma que se activa al detectar anomalías, junto con los indicadores que brindan información visual rápida acerca de la situación presente ayudan a gestionar de forma proactiva la Calidad del Servicio de ADC, de modo que pueda evitar problemas a sus clientes incluso antes de que se produzcan.

Por último, el atributo *Performance global de descarga* fue evaluado para el mes de mayo de 2019. Según los valores de indicadores suministrados por el sistema de alarmas el sitio AFIP obtuvo un valor de 46,2%, el sitio CNN obtuvo un valor de 69,6% y el sitio GOOGLE un valor de 70,4%. En este caso particular, el valor que dispara la alarma es el obtenido por el sitio AFIP y el cual debe ser considerado por el técnico de la empresa para diseñar e implementar cambios que permitan que no se degrade su servicio.

AFIP		CNN		Google	
	Performance		Performance		Performance
CLARO	90.0 %	CLARO	90.0 %	CLARO	90.0 %
TASA	88.29 %	TASA	86.67 %	TASA	85.06 %
SILICA NORTE	84.39 %	SILICA NORTE	80.0 %	SILICA NORTE	80.08 %

(a) AFIP (b) CNN (c) GOOGLE

Fig. 5: Atributo *Performance de descarga del proveedor*.

Si bien en esta sección a modo de ejemplo, se fueron analizando datos dispersos tomando diferentes meses y días, el análisis continuo de los datos generados por el sistema de monitoreo de ADC convierten al prototipo del sistema de alarma una herramienta útil para la toma de decisiones al momento de solucionar inconvenientes y minimizar su impacto en la Calidad del Servicio. El

sistema de alarmas desarrollado permite mejorar y facilitar la tarea de análisis de los técnicos e ingenieros que trabajan en ADC, mediante la notificación vía mail de los inconvenientes relacionados con los servicios, proveedores y sitios proveídos y, de esta manera implementar cambios para mejorar la situación, como cambiar de proveedor un determinado servicio, extender un reclamo a un carrier superior, revisar equipamiento e incluso iniciar tareas de reemplazo de routers, switches, equipos de radios, entre otros. A su vez, la utilización de semáforos permite que personal no técnico pueda entender el posible inconveniente y notificar al personal correspondiente para que analice la situación y tome las acciones correspondientes. Por otro lado, la constante evaluación y análisis no solo permite detectar inconvenientes de forma temprana, sino que también, permite evaluar el impacto de los cambios realizados el reevaluar la situación en el momento siguiente a su realización.

7 Conclusión

En este trabajo se planteó la problemática del ISP Aguas del Colorado S.A.P.E.M., relacionada a la necesidad de mejorar el análisis referente a los atributos *disponibilidad del servicio* y *performance de proveedores* (Sección 1). Como se mencionó en la Sección 2, existen en el mercado diversas herramientas de monitoreo y de gestión de acuerdos de nivel de servicio pero ninguna de ellas se adapta a la problemática planteada. Por este motivo, se desarrolló una solución basada en estrategias de Medición y Evaluación (M&E) para realizar el análisis de los datos obtenidos al monitorear atributos asociados a la característica Calidad del Servicio.

Para este trabajo se eligió la estrategia GOCAMEMC (Sección 3), perteneciente a la familia de estrategias de medición, evaluación y cambio, por ser la más adecuada ya que brinda soporte a metas con el propósito de ‘monitorear y controlar’. En la Sección 4, siguiendo las tareas de la estrategia, se especificaron las métricas e indicadores, que luego se implementaron en el prototipo de sistema de alarmas (Sección 5). Este prototipo permite tener una interpretación de los resultados de la M&E mediante semáforos facilitando el análisis de los mismos por parte de los técnicos y personal de la organización.

El caso de estudio realizado (Sección 6) muestra el funcionamiento del sistema de alarmas con datos reales provistos por Aguas del Colorado S.A.P.E.M. Se puede observar cómo, mediante la utilización de semáforos un técnico puede lograr una rápida visualización de la situación actual referidas a la *disponibilidad del servicio* y la *performance de proveedores*. A su vez, el envío de un mail por parte del sistema, alertando a los técnicos cuando un valor no se encuentra dentro de los valores óptimos, permite tomar medidas de cambio tempranamente. Lo que impide el incumplimiento de acuerdos de nivel de servicio o la creación de incidentes por parte del cliente.

Como trabajo futuro, se deberá implementar el sistema de alarmas en Aguas del Colorado S.A.P.E.M. Para esto, se debe migrar el prototipo a un ambiente web que sea compatible con el entorno de trabajo que ya posee la organización.

Además, se tendrían que hacer algunas modificaciones en el sistema de alarmas, con respecto al procesamiento de los datos, ya que al migrarse al entorno de Aguas del Colorado S.A.P.E.M. ya no trabajaría con datos históricos, sino con los datos monitoreados en tiempo real. Cabe concluir, que uno de los autores es el gerente de comunicaciones de Aguas del Colorado, de modo que luego de las validaciones del prototipo del sistema de alarmas, manifestó su satisfacción y necesidad de continuidad para que se desarrolle a escala real.

References

1. Engel, F.: The role of service level agreements in the internet service provider industry. *International Journal of Network Management* **9**(5), 299–301 (1999)
2. Heckmann, O.M.: The competitive Internet service provider: network architecture, interconnection, traffic engineering and network design. John Wiley & Sons (2007)
3. Huston, G.: ISP survival guide: strategies for running a competitive ISP, vol. 4. Wiley New York (1999)
4. Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models. Standard, International Organization for Standardization (2011)
5. Lee, B., Lee, G.: Service oriented architecture for sla management system. In: The 9th International Conference on Advanced Communication Technology. vol. 2, pp. 1415–1418 (Feb 2007). <https://doi.org/10.1109/ICACT.2007.358621>
6. Lee, H.J., Kim, M.S., Hong, J.W., Lee, G.H.: Qos parameters to network performance metrics mapping for sla monitoring. *KNOM Review* **5**(2), 42–53 (2002)
7. Ltd, S.H.P.: Sublime text 3 (2019), <https://www.sublimetext.com/>, a sophisticated text editor for code, markup and prose.
8. Martin, J.: Rapid Application Development. Macmillan Publishing Co., Inc., USA (1991)
9. Modeliosoft: Modelio (2020), <https://www.modelio.org/>, the open source extensible modeling environment supporting: UML, BPMN, ArchiMate, SysML, etc.
10. Olsina, L., Becker, P.: Family of strategies for different evaluation purposes. In: XX Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIBSE'17) held in the framework of ICSE (XXXIX Int'l Conference on Software Engineering). pp. 221–234. Curran Associates, CABA, Argentina (05 2017)
11. Olsina, L., Papa, F., Molina, H.: How to Measure and Evaluate Web Applications in a Consistent Way, *Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications*, chap. 13, pp. 385–420. Rossi, Gustavo and Pastor, Oscar and Schwabe, Daniel and Olsina, Luis (Eds.), Springer HCIS (2008)
12. ORACLE: Mysql workbench (2020), <https://www.mysql.com/products/workbench/>, is a unified visual tool for database architects, developers, and DBAs.
13. Rivera, B., Becker, P., Papa, F., Olsina, L.: A holistic quality evaluation, selection and improvement approach driven by multilevel goals and strategies. *CLEI Electronic Journal* **19**, 54 – 104 (12 2016), http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-50002016000300054&nrm=iso
14. Software & systems process engineering meta-model specificatio. Standard, OMG (2008), <http://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/PDF>